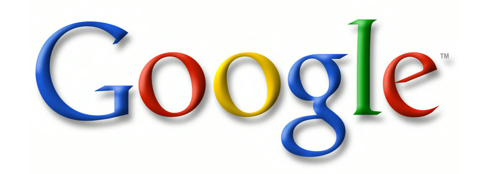





BIBLIOTHECA · BOSTONIENSIS · MEDICINAE
SERVAT ET DOCET
FVNDATA
EX DONO

ARCHIV FÜR HYGIENE.

(BEGRÜNDET VON MAX v. PETTENKOFER.)

UNTER MITWIRKUNG

VON

Prof. Dr. O. BOLLINGER, München; Prof. Dr. BONHOFF, Marburg a. L.; Prof. Dr. R. EMMERICH, München; Prof. Dr. F. ERISMANN, Zürich; Prof. Dr. HEIM, Erlangen; Prof. Dr. F. HUEPPE, Prag; Prof. Dr. KABRHEL, Prag; Prof. Dr. F. KRATSCHMER, Wien; Prof. Dr. K. LEHMANN, Würzburg; Prof. Dr. A. LODE, Innsbruck; Prof. Dr. L. PFEIFFER, Rostock; Prof. Dr. W. PRAUSNITZ, Graz; Prof. Dr. F. RENK, Dresden; Prof. Dr. SCHOTTELIUS, Freiburg i. B.; Generaloberarzt Dr. A. SCHUSTER, München; Prof. Dr. WERNICKE, Posen.

HERAUSGEGEBEN

VON

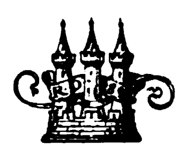
J. FORSTER, M. GRUBER, FR. HOFMANN, M. RUBNER,

O. Ö. PROFESSOREN DER HYGIENE UND DIREKTOREN DER HYGIENISCHEN INSTITUTE AN DEN UNIVERSITÄTEN ZU

STRASSBURG MÜNCHEN LEIPZIG BERLIN.

ACHTUNDFÜNFZIGSTER BAND.

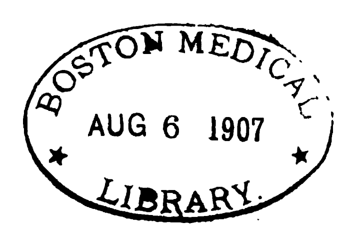
Mit 38 Abbildungen und 9 Tafeln.



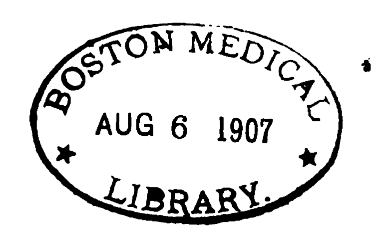
MÜNCHEN UND BERLIN.

DRUCK UND VERLAG VON R. OLDENBOURG.

1906.


BOSTON MEDICAL
AUG 6 1907
LIBRARY.

Inhalt.



Die Bewertung des Kakaos als Nahrungs- und Genufsmittel.

Experimentelle Versuche am Menschen.

Von

Dr. med. et phil. **R. O. Neumann,**
Privatdozent an der Universität.

(Aus dem Hygienischen Institut der Universität Heidelberg.
Direktor: Geh.-Rat Prof. Dr. Knauff.)

I. Teil.

Versuche über den Einflufs der Menge, des Fettgehaltes, des Schalengehaltes des Kakaos und der mit demselben eingeführten Nahrung auf die Resorption und Assimilation desselben.

(Mit Tafel I.)

Einleitung.

Der Organismus beansprucht zur Erhaltung auf seinem Gleichgewichtszustande zwei notwendige Dinge, die Nahrungs- und Genufsmittel. Von ersteren wissen wir, dafs sie die Hauptmenge der Nährstoffe enthalten, von letzteren, dafs ihre würzenden Bestandteile zur besseren Aufnahme der Nahrungsmittel im Körper beitragen. Hinsichtlich ihrer Zusammensetzung an nährenden Substanzen wie Eiweifs, Fett und Kohlehydraten ist jedoch die Grenze zwischen Nahrungs- und Genufsmittel keineswegs eng gezogen, und so finden sich auch unter den Genufsmitteln einzelne, die mit gleichem Recht auch als Nahrungsmittel angesehen werden können. Ich erinnere nur an den Zucker, den Honig, das Bier, alles Dinge, welche in erster Linie des Wohlgeschmackes, nicht aber des

Nährwertes wegen genossen werden. Zu diesen letzteren Stoffen gehört auch der Kakao und die daraus bereitete Schokolade.

Da die Mengen an Eiweifs, Fett und Kohlehydraten im Kakao infolge des geringen Wassergehaltes sogar recht bedeutende sind, so würde man diese »Götterspeise«, wie sie Linné bezeichnete, unter die vollwertigsten Nahrungsmittel einreihen müssen. Und in der Tat ist man auch mancherseits geneigt, dies zu tun.

Jedoch bei der Beurteilung dieser Frage kommt es eben nicht allein darauf an, wie grofs die Menge der Nährstoffe ist, die sich im Kakao finden, sondern wie sie im Organismus verwertet werden, und welche Menge man von diesem »Nahrungsmittel« zu sich nimmt und zu sich nehmen kann.

Der tägliche Bedarf stellt sich selbst bei jemand, der als ausgesprochener Kakaotrinker gelten sollte, gewifs nicht höher als auf 40 g (sieben Tassen à 150 ccm aus je 5—6 g Kakaopulver); normalerweise dürften aber nur 25—30 g Kakao pro die als die richtig bemessene Menge anzusehen sein.

Hieraus ist schon ersichtlich, dafs man, selbst wenn der Kakao ganz aus Fett, Eiweifs und Kohlehydraten bestände, nur einen bescheidenen Teil des notwendigen Nahrungsquantums decken könnte.

Die verwertbare Menge Nahrungsstoff müfste aber noch kleiner werden, falls ein erheblicher Teil des Kakaos im Organismus nicht genügend resorbiert und assimiliert würde.

Diese Frage ist nun eine viel umstrittene und viel beantwortete. Leider kann aber nicht gesagt werden, dafs in diesem Punkte Klarheit herrschte, oder dafs auch nur eine sichere Unterlage geschaffen wäre. Es bestehen hier die diametralsten Gegensätze. Die einen behaupten, der Kakao würde ausgezeichnet ausgenutzt, die andern sagen, es ginge davon die Hälfte verloren.

Wohl liegen eine Reihe Versuche vor, die zum Teil als Verdauungsversuche aufserhalb des Magens, zum Teil als Ausnutzungsversuche gedacht sind, allein die ersteren

können mit Menschenversuchen nicht auf eine gleiche Stufe gestellt werden, weil eben der Organismus anders arbeitet als wie der chemische Versuch im Probierrohr angibt, und die bisherigen Ausnutzungsversuche befriedigen ebenfalls nicht ganz, weil sie zur Beurteilung unserer Fragen, wie wir sehen werden, nicht ausreichen.

Würde der als »Nahrungsmittel« verwendete Kakao stets von gleicher Zusammensetzung sein, so fiele die Beurteilung der Frage noch leichter. Da sich aber neuerdings die Erscheinung bemerkbar macht, dem Kakao mehr Fett, als bisher üblich war, zu entziehen, ihm also einen Teil seines Nährwertes zu nehmen, so wird die Sachlage noch komplizierter. Da über diesen Punkt überhaupt noch keine Untersuchungen vorlagen und man infolgedessen auch nicht mit Sicherheit behaupten konnte, ob eine weitere Fettabpressung, wie bisher, den Kakao physiologisch-hygienisch minderwertig macht, so waren Untersuchungen auf wissenschaftlicher Grundlage durchaus notwendig und erwünscht.

Bevor ich jedoch auf diese Untersuchungen selbst eingehe, sollen einige Phasen aus der Herstellung des Kakaopulvers, die zur Orientierung notwendig sind, kurz besprochen werden.

Die Herstellung des Kakaopulvers und ihr Einfluſs auf die im Organismus zur Verwertung gelangenden Bestandteile desselben.

Das zur Bereitung des Kakaogetränkes verwendete Kakaopulver ist das Produkt aus den gerösteten, gebrochenen und entschalten Bohnen, denen eine gewisse Menge Kakaofett oder Kakaoöl durch Pressung entzogen ist.

Da Fett zu den wichtigsten Nährstoffen im Kakao gehört, so muſs man allerdings vom Standpunkt des Ernährungsphysiologen aus bedauern, daſs dieser Anteil für die Ernährung verloren ist. Aber das Fett gibt allein nicht den Ausschlag. Es sind noch Eiweiſskörper und Kohlehydrate in nicht unbeträchtlicher Menge darin enthalten.

Die Bohnen weisen im Mittel[1]) auf:

E. 14,04 F. 50,22 K. 9,61 (Stärke).

Das Kakaopulver:

E. 20,33 F. 28,35 K. 15,60 (Stärke).

Anderseits spielen der Theobromingehalt, das Aroma, der Geschmack und das Aussehen des Präparates für die Beurteilung des Kakaos als Genufsmittel eine nicht unbedeutende Rolle.

Da bekanntlich uns die Kakaopflanze nur die rohen Bohnen liefert, so mufs erst auf künstlichem Wege ein geniefsbares Produkt hergestellt werden, welches in den einzelnen Ländern und Fabriken auf recht verschiedene Weise zustande kommt. Immerhin laufen die wesentlichen Phasen überall in derselben Weise ab, und es ist nur die Frage, ob durch die dabei oft sehr eingreifenden Manipulationen nicht die für den Genufs und den Nährwert des Kakaos wichtigen Bestandteile in Mitleidenschaft gezogen werden.

Nachdem die Bohnen den Früchten entnommen sind, bringt man sie in die Sonnenwärme zum Trocknen. Nimmt man vorher keine Manipulationen mit den Bohnen vor, so nennt man sie »ungerottet«, im Gegensatz zu einem Verfahren komplizierterer Natur, bei welchem die Bohnen vor dem Trocknen einer Art Fermentation unterworfen und dann als »gerottet« bezeichnet werden.

Die verschiedenen Methoden des Rottens[2]) bestehen in einer abwechselnden Besonnung und Verwahrung der Bohnen in Trögen, Fässern, Tonnen oder auf Haufen, wo sie sich stark erhitzen und zur Keimung gebracht werden. Letztere wird alsdann durch scharfes Trocknen unterbrochen.

Durch die eingeleitete Gärung werden manche Veränderungen eingeleitet. Als sichtbares Zeichen tritt die Braunfärbung der Samenlappen ein. Der ehedem vorhandene bittere

---

1) J. König, Chemie der menschlichen Nahrungs- und Genufsmittel. IV. Aufl., Bd. I, S. 1026.

2) Näheres bei Zipperer, Die Schokoladenfabrikation. Berlin, Krayn, 1901.

Geschmack des Kernes verschwindet und macht einem milderen Platz. Das Aroma tritt mehr hervor.

Die nach dem Trocknen in Säcke gefüllten und nach Europa gebrachten Bohnen werden ausgelesen, gereinigt und »geröstet« oder »gebrannt«, eine Prozedur, die bei 130—140° C vorgenommen und sehr vorsichtig ausgeführt sein will. Hierbei wird das Aroma und der Geschmack noch weiter verbessert und eine Austrocknung der Schalen bewirkt, so dafs letztere sich später leicht ablösen lassen. Die Tatsache, dafs auch des Amylum der Bohnen quellen sollte, kann Hüppe[1]) nicht bestätigen. Bei unrichtiger Behandlung entstehen brenzliche Gerüche, es tritt Theobrominverlust ein, das Kakaoöl wird zersetzt und die Eiweifssubstanzen werden stark verändert; besonders kann ein zu starkes Erhitzen eine teilweise Zersetzung des Kakaofettes herbeiführen.

Weiterhin besorgen Maschinen das Brechen der Schalen und das Reinigen der Bohnen von Staub, wobei ca. 8—10% Schalen und Gries entfernt werden. Im Gegensatz zu früher ist man imstande, die Bohnen mit grofser Reinheit von allen Schalenteilen frei zu bekommen.

Die Kakaobohnen werden dann in Mühlen aufgenommen und zu Kakaomasse vermahlen, welcher später durch Pressung das Fett zum Teil entzogen wird.

Endlich folgt das Pulverisieren der entfetteten Masse zu dem üblichen Verkaufsprodukt. Vor dem Vermahlen, wohl auch vor dem Rösten, ev. auch nach dem Rösten oder nach dem Entfetten, wird ein wichtiges Verfahren eingefügt, welches jetzt allgemein geübt und als Aufschliefsungsverfahren bezeichnet wird. Das Produkt dieser Behandlungsweise sind die sog. »löslichen Kakaos«, die zuerst in Holland von van Houten, jetzt auch in Deutschland, England, Frankreich und der Schweiz fabriziert werden und wegen ihrer besseren Suspensionsfähigkeit in den letzten Jahrzehnten viel Anklang gefunden haben.

Das sog. »Löslichmachen« besteht aber bekanntlich nicht in der Möglichkeit, die einzelnen Substanzen im Kakao in Lösung

1) Hüppe, Untersuchungen über Kakao. Hirschwald, 1905.

zu bringen, sondern nur im »Aufschliefsen« einzelner Bestandteile. Man behandelt das Kakaopulver entweder mit Wasser in der Wärme, mit oder ohne Druck, oder mit Alkalien. Die sog. holländische Methode bedient sich des kohlensauren Kali und Natrons, wohl auch der kohlensauren Magnesia, das deutsche Verfahren des Ammoniaks und des kohlensauren Ammons. Alle Methoden bewirken — und das ist der wichtigste Zweck des Verfahrens — dafs die Gewebselemente in der Weise verändert werden, dafs das Pulver, wenn es in Wasser gerührt wird, länger suspendiert bleibt. Hüppe[1]), welcher sich neuerdings mit dem Aufschliefsungsverfahren eingehend beschäftigt hat, hält die holländische Methode für die beste, weil sich in der Tat eine gewisse wirkliche Löslichkeit mancher Bestandteile bemerkbar macht und auch eine unverkennbare Farbenverbesserung des Kakaos zustandekommt. Seiner Ansicht nach wird auch die Kakaogerbsäure in eine lösliche Salzform übergeführt, welche als lösliches Alkalisalz alsdann nicht mehr zur Sedimentierung beitragen kann, wie das die hochmolekularen gerbsäurehaltigen Glykoide, die wie ein Klärmittel wirken, tun.

Man wird also die Aufschliefsung des Kakaopulvers nicht nur für unbedenklich, sondern auch in Hinsicht auf die aromatischen und ernährenden Bestandteile für günstig halten müssen; Hüppe bezeichnet eine Aufschliefsung mit Wasserdampf als unrationell, weil die Stärke dadurch alteriert wird.

Eine ebenfalls tief eingreifende Manipulation ist die Abpressung des Fettes aus der Kakaomasse.

Der erste, der entfettete, sog. »entölte« Kakaopulver in den Handel brachte, war J. P. van Houten in Weesp in Holland. Jenes Verfahren, welches 1828 bekannt wurde, führte sich später auch bei uns und in andern Ländern ein, und heutzutage sind diese Präparate überall sehr beliebt. Das Kakaoöl wird aber dabei nicht vollständig entfernt, sondern nur bis zu einem gewissen Prozentsatz. In üblicher Weise entzieht man den 50—56 %

1) Hüppe, a. a. O.

Fett enthaltenden Bohnen so viel, dafs das Pulver noch 25—35% enthält; daher kann man auch nicht von entöltem, sondern von höchstens teilweise entöltem Kakao sprechen.

Neuerdings wird von einer Firma[1]) allerdings ein Produkt in den Handel gebracht, bei dem die Ölabpressung bis zu 15° getrieben ist.

Früher prefste man die Kakaobohnen zwischen auf 100° erwärmten Platten aus, so dafs man bis zu 50% Kakaoöl erhielt. Jetzt werden im allgemeinen hydraulische Pressen verwendet, welche bei hohem, 200—400 Atm. betragendem Druck, ohne besonders hohe Temperatur, gestatten, das Fett bis zu einem bestimmten niederen Prozentsatz auf einmal abzupressen oder durch eine Vor- und Nachpressung schrittweise bis auf 10% zu entfernen.

Die Frage liegt hier sehr nahe, dafs das Kakaopulver, ev. auch das Kakaofett, ungünstig in Mitleidenschaft gezogen wird.

Von einem sehr hohen Druck wird man keine Schädigungen zu erwarten haben, eher dagegen von einer zu hohen Temperatur. Da aber bei den modernen Riesenpressen dieselbe 57° nicht überschreiten soll[2]), so wäre weder eine Zersetzung des Eiweifses noch des Fettes zu befürchten.

Anders verhält es sich damit, ob der Geschmack, das Aroma, die Ausnutzbarkeit, Verdaulichkeit und Bekömmlichkeit des Kakaos dieselben bleiben.

Über den Geschmack, welcher unter allen Umständen durch die verschiedenen Prozeduren, ehe das Pulver verkaufsfertig ist, verändert wird, sei es nach der besseren, sei es nach der schlechteren Seite hin, ist nicht viel zu diskutieren, weil der Geschmack zu individueller Natur ist.

Wir sind an einen, dem Kakao eigentümlichen, angenehmen (Gewürz?) Geschmack gewöhnt und kennen den »Kakaoeigengeschmack« gewöhnlich noch gar nicht. Es ist deshalb schon möglich, dafs mancher auch Vorliebe für einen fremdartigen Geschmack bekommen und haben kann.

---

1) Reichardt in Wandsbeck.

2) Luhmann, Der Kakaokrieg. Nahrungsmittelwarte. Ärzte-Nummer. Nov. 1905, S. 3.

Immerhin scheint mir der Geschmack, auch der »Kakaoeigengeschmack«, unter gewissen Bedingungen, auf die ich im zweiten Teil der Arbeit zu sprechen kommen werde, doch leiden zu können.

Letzteres dürfte auch bei dem Aroma möglich sein:

Über den Sitz des Aromas sind die Autoren noch geteilter Meinung.

Die meisten Forscher[1]) glauben, das Aroma dem Kakaorot zusprechen zu sollen, welch letzteres nach Hilger[2]) sich aus dem Kakaonin, dem Kakaoglykosid durch ein diastisches Ferment während des Rottens bildet. Durch das Rösten der Bohnen wird das Aroma verstärkt. Dafs das Kakaoöl der ursprüngliche Träger des Aromas sei, wäre demnach zu verneinen.

Prefst man aber aus fermentierten und gerösteten Bohnen das Fett ab, so nimmt dasselbe einen gewissen aromatischen Geruch, wenn auch in geringem Mafse, an. Daher ist wohl die Überlegung richtig, dafs aromatische Stoffe, mögen sie nun im Kakao vorhanden sein oder erst durch eingeleitete Prozesse hervorgebracht werden — falls sie zu der Natur der ätherischen Ole gehören — im Kakaoöl gelöst und festgehalten werden. Damit wäre auch dann vereinbar, dafs das abgeprefste Kakaoöl wirklich »aromatisch« riecht.

Nach Iuckenack und Griebel[3]) ist das Kakaoöl als Träger des Aromas anzusehen, während Schmidt[4]) den minimalen Feuchtigkeitsgehalt des abgeprefsten Kakaos als Überträger des Kakaogeruches bezeichnet. Wie dem auch sein mag, das Aroma scheint doch mindestens dem Kakaoöl anzuhaften. Ein Beweis dafür kann auch darin gefunden werden, dafs das abgeprefste Öl von gewürztem Kakao sehr stark danach duftet.

---

1) Zipperer, a. a. O., S. 50. Auch Hüppe schliefst sich dieser Meinung an.

2) Hilger, Deutsche Vierteljahrsschrift f. öffentl. Gesundheitspflege, 1893, Heft 3.

3) Iuckenack und C. Griebel, Zeitschrift für Untersuchung der Nahrungs- und Genufsmittel, 1905, Bd. X, Heft 1 u. 2.

4) Schmidt, Zeitschrift für öffentliche Chemie, 1905, Heft XVI.

Ich habe mich durch Kakaoölproben von gewürztem und ungewürztem Kakao überzeugen können, dafs hier der Geruch sehr stark, dort auch ein Geruch, aber ein anderer, viel schwächerer, vornehmlich auftrat.

Da wir nun gerade im Aroma den hohen Genufswert des Kakaos schätzen, so ist es keineswegs gleichgültig, ob wir dem letzteren Aroma entziehen.

Das Theobromin ist ein von Woscressensky[1]) aus dem Kakao isolierter bitterer Stoff, welchen man jetzt zu den Diureiden rechnet, und welcher mit dem Koffein nahe verwandt ist. Die nicht unbedeutenden Mengen, die in den verschiedenen Kakaosorten von 0,88—2,34 % schwanken, sind zum Teil als freies Theobromin in den Bohnen enthalten, zum Teil finden sie sich an das Kakaorot, dem Glykosid des Kakaosamens noch gebunden und können nur durch chemische Eingriffe in Freiheit gesetzt werden.

Die chemische Zusammensetzung ist auch wie die physiologische Wirkung der des Koffeins ähnlich. Bei den verhältnismäfsig geringen Mengen, die bei einigen Tassen Kakao vom üblichen (25—35 %) Fettgehalt genossen werden, dürfte uns kaum die toxische Wirkung des Theobromins zum Bewufstsein kommen. Bei gröfseren Mengen über 50 g hinaus tritt sie in geringem Mafse, ein und sie wird empfindlicher, wenn in gleichen Mengen sehr stark entfetteter Kakao genossen wird, weil durch die Abpressung des Öles prozentual die andern Substanzen und mit ihnen auch das Theobromin vermehrt wird. Die Beobachtungen bei den unten angestellten Versuchen[2]) lassen diesen Faktor deutlich erkennen.

Die letzte Phase in der Bereitung des Kakaopulvers ist das Pulverisieren und Sieben. Die Prefskuchen werden nach der Entfettung zerschlagen und in der Mühle zu einem feinen Pulver gemahlen, um endlich durch äufserst feinmaschige Siebe (bis zu 2000 Maschen auf 1 qcm) getrieben zu werden.

---

1) Woscressensky, Annalen d. Chemie u. Pharmazie, 1841, Bd. 41, S. 125.

2) Besonders im zweiten Versuche.

Die Feinheit des Pulvers hat eine gewisse Bedeutung für die »Suspensionsfähigkeit« des Kakaos im Wasser und damit auch für das Aussehen und die Bereitung des Getränkes. Je homogener und länger ein trinkfertiger Kakao bestehen bleibt, desto mehr wird er vorgezogen werden. Die Suspensionsfähigkeit hängt aber auch noch ab von dem Fettgehalt und der Aufschliefsungsmethode, und da diese Dinge eben in vielen Sorten verschieden sind, so ergeben sich auch manche Differenzen, auf die wir im II. Teil der Arbeit näher eingehen werden.

Ob die »Bekömmlichkeit« mit der zu starken Entfettung oder einem zu hohen Fettgehalt, ob mit der Entziehung des Aromas, der feineren oder gröberen Pulverisierung oder dem Gerbsäuregehalt, ob mit dem Theobromin oder Aschegehalt zusammenhängt, ist schwer zu sagen. Die Bekömmlichkeit ist durchaus individuell. Was dem einen bekommt, braucht dem andern noch nicht zuzusagen. Beim Kakao liegt die Sache genau so wie bei andern Nahrungsmitteln, z. B. der Milch, und man braucht wohl in solchen Fällen von »Nichtvertragen« nicht immer das Präparat anzuschuldigen, sondern mufs oft eher den Magen des einzelnen zur Verantwortung ziehen.

Bei dem Begriff der Bekömmlichkeit spielt auch die scheinbar durch den Kakao bedingte »Verstopfung« eine grofse Rolle. In den Kakaobohnen findet sich Gerbsäure, die dem reinen Kakaorot chemisch sehr nahe zu stehen scheint oder wohl direkt auch mit dem Kakaorot identifiziert wird. Sie soll die verstopfende Wirkung des Kakaos ausüben, aber durch den Fettgehalt desselben einigermafsen paralysiert werden.[1]) Ein höherer Fettgehalt würde darum günstiger wirken, ein niederer aber um so weniger, weil durch Fettentzug die andern Substanzen, und mithin auch die Kakaogerbsäure, vermehrt würden.

Die verstopfende Wirkung des Kakaos werden wir aber, wie wir im II. Teil sehen, nicht zu tragisch aufzufassen brauchen, da sie keine dem Kakao eigentümliche Eigenschaft ist.

---

1) Hüppe, a. a. O., S. 16.

Für den Kakaokonsumenten spielt gewöhnlich auch die »Verdaulichkeit« des Kakaos eine Rolle. Mit diesem Begriff, der für den Physiologen wie Hygieniker derselbe, für das Publikum aber ein ganz verschiedener ist, wird nur zu oft Mifsbrauch getrieben.

Als unverdaulich bezeichnet das Publikum eine Speise, die ein Unbehagen, vielleicht auch Übelsein hervorruft, während der Physiologe und Hygieniker unverdauliche Speisen [1]) solche nennt, die nicht oder nicht genügend ausgenutzt werden.

So hört man öfters: der Kakao (der übliche, 25—30% Fett haltende) ist zu fett und zu schwer verdaulich, oder er »stelle zu starke Anforderungen an die Verdauungskraft des menschlichen Darmkanals« [2]), mithin sei es unrichtig, diesen Kakao zu geniefsen, und man müsse sich eines geringer fetthaltigen bedienen. Diese Deduktionen sind aber nicht richtig. Das »schwer verdaulich« ist einer Indisposition des betreffenden Organismus zuzuschreiben, der vielleicht nach solchem Kakao ein Unbehagen fühlt; es hat aber schwer Verdauliches mit dem Fettgehalt recht wenig zu tun, besonders, da [3]) (siehe auch die Versuche) das Kakaoöl ausgezeichnet »verdaulich« ist.

Als nicht »verdaulich« im physiologischen Sinne könnte dann noch das Eiweifs des Kakaos angesprochen werden.

Dasselbe ist in den Kakaobohnen in reichlicher Menge, ca. 14—15%, vorhanden und zwar in der Hauptsache als Globuline. Wie bei allen pflanzlichen Eiweifskörpern, so sind auch beim Kakao dieselben nur zum Teil ausnutzbar, weshalb der Nährwert des Kakaos hinsichtlich seiner Eiweifskörper etwas sinken würde. Zipperer [4]) fand, dafs in den ungerotteten Bohnen mehr wasserlösliches Eiweifs vorhanden ist als in den gerotteten. Es hat also den Anschein, als ob bei den feineren Kakaosorten, die beim Rotten einer besonders sorgfältigen Behandlung unterzogen werden, durch die hierbei eintretenden,

1) Forster, Hygien. Rundschau, 1900, S. 304.
2) Schmidt, Zeitschrift f. öffentl. Chemie, 1905, Heft XVI.
3) Bendix, Therapeutische Monatshefte, 1895, S. 345.
4) Zipperer, a. a. O., S. 61.

fermentativen Umsetzungen das Eiweifs schwerer löslich wird. Stutzer[1]) meint sogar, dafs das verdauliche Eiweifs durch eine zu hohe Rösttemperatur gröfstenteils unverdaulich wird.

Praktisch könnte es sich bei der Unverdaulichkeit des Eiweifses eben nur um wirklich »unresorbierbares« Eiweifs, d. h. um einen Verlust an Eiweifs handeln, aber nicht um eine Auslösung eines unbehaglichen Gefühles durch dieses unresorbierbare Eiweifs.

Die bisherigen experimentellen Versuche zur Feststellung des Kakaonährwertes und Genufswertes.

Aus den vorausgehenden Besprechungen ergibt sich, dafs vor allen Dingen zur Beurteilung des Nähr- und Genufswertes des Kakaos in Betracht kommen: der Eiweifsgehalt, der Fettgehalt, der Geschmack, das Aroma und das Theobromin.

Bei den experimentellen Versuchen, deren Zahl im Verhältnis zur Wichtigkeit der Sache nicht sehr hoch ist, stellte man das Eiweifs immer in den Vordergrund, und es entstanden zwei Arten von Versuchen: die Verdauungsversuche, zum Teil im Magen selbst, zum Teil mit künstlichem Magensafte angestellt und die Ausnutzungsversuche am Menschen.

Von den ersteren teilt Schlesinger[2]) Versuche mit, bei denen es darauf ankam, die Aufenthaltsdauer verschiedener Quantitäten und verschiedener Zubereitung von Kakao im Magen zu prüfen. Es wurden gewisse Mengen Kakao von 11—33 g mit Wasser, Milch und Zwieback nüchtern genossen, am Ende der Verdauung Proben dem Magen entnommen und so die Verdauungszeit festgestellt. Sie betrug im Mittel 2¼ Std. Die Konzentration hatte so gut wie gar keinen Einflufs auf die Magenverdauung ausgeübt, dagegen dauerte letztere länger, wenn die Zubereitung mit Milch und Wasser oder reiner Milch als mit reinem Wasser geschah.

---

1) Stutzer, Zeitschr. f. anorgan. Chemie, 1891, Nr. 12, 369, Nr. 20, 600.
2) Schlesinger, Deutsche med. Wochenschrift, 1895, Nr. 5.

In ganz ähnlicher Weise gestaltete A. Beddies[1]) seine Versuche. Er benutzte sechs verschiedene Kakaosorten: van Houtens Kakao, Marke Helios, Sanitas, Economia, Halb und Halb und Kasseler Haferkakao und erhielt als Resultat ungefähr die gleichen Zahlen von ca. 2 Std. wie Schlesinger. Nur die Haferkakaoverdauung fiel $1/2$ Std. später.

Derartige Versuche konnten natürlich nur entscheiden, ob und in welcher Zeit der Magen mit den gegebenen Stoffen fertig wurde, nicht aber, wieviel von ihnen dem Körper wirklich zugute kam.

In dieser letzten Beziehung brachten die Verdauungsversuche mit künstlichem Magen-, resp. Magen- und Pankreassaft von Cohn[2]) einige Aufklärung. Er liefs rohe Kakaobohnen, entfettete Kakaomasse und auch »Handelspulver« künstlich verdauen und fand im Mittel 51,45% verdaulich. Das »Handelspulver«, welches mit Magen- und Pankreassaft angesetzt war, wurde zu 52,64% verdaut. Die günstigsten Zahlen für die Eiweifsverdauung stiegen bis 64% Verdaulichkeit, wobei aber berücksichtigt werden mufs, dafs der Theobrominstickstoff[3]) nicht in Rechnung gezogen war. Nach Abzug desselben würde die Zahl noch um ein Geringes sinken.

Diese Versuche stimmen ziemlich gut mit Stutzers[4]) Verdauungsversuchen überein, welcher im Kakao ca. 40% unverdauliches Eiweifs fand.

Auch Forster[5]) stellte fest, dafs durch künstliche Versuche ca. 39—40% unverdaut blieben. Die Menge der unverdaulichen stickstoffhaltigen Substanzen würde nach Forster aber noch höher steigen, wenn man nur diejenigen Stoffe berücksichtigt, welche von Anfang an im Kakao in unlöslicher Form enthalten sind. Von den 3,21 g Stickstoff, welche in 100 g Kakao von Forster bestimmt wurden, sind 1,43 g in Körpern enthalten,

---

1) A. Beddies, Über Kakaoernährung. Berlin, Konrad Skopnik, 1897.
2) Cohn, Zeitschrift f. physiolog. Chemie, 1895, 91, 1.
3) Vgl. die späteren Besprechungen über Theobrominstickstoff.
4) Stutzer, Zeitschrift f. physiolog. Chemie, Bd. 11, S. 207.
5) Forster, Hygien. Rundschau, 1900, S. 304.

die in Wasser löslich sind, dagegen 1,78 g in Stoffen, die durch Wasser nicht extrahiert werden können. Von den 1,78 g werden bei der künstlichen Verdauung nur etwa 0,5 g = 28,1 % der unlöslichen Stickstoffsubstanzen in Lösung gebracht; 79,9 % bleiben unverdaut. Nach Forster sind von den stickstoffhaltigen Körpern überhaupt

in Wasser löslich und verdaulich .	1,43	= 44,5 %
» » unlöslich u. unverdaulich	0,5	= 15,6 »
unverdaulich	1,28	= 39,9 »
	3,21	= 100 %

Nun sagt aber Forster ganz richtig, man könne den Menschen nicht mit künstlichen Verdauungsversuchen vergleichen.

Man findet bei Verdauungsversuchen zwar, wie viel unverdaut zurückbleibt, aber man weifs nicht, ob das im Glas »gelöste« Eiweifs auch wirklich assimiliert worden wäre.

Deshalb sind auch nur Versuche am Menschen zur Beurteilung in erster Linie entscheidend. Forster selbst stellte an 14 Menschen Versuche an, welche in der Regel eine Woche dauerten. »Die angewandten Abwechslungen in den Versuchen betrafen vorzugsweise die Mengen des genossenen Kakaos und die Gröfse des Milchzusatzes, während der Einflufs der Jahreszeiten die entsprechende Berücksichtigung fand.«[1]) Die Ergebnisse, ohne Rücksicht auf die Variationen, waren folgende: verdaut wurden:

Trockensubstanz . . .	90 %
Stickstoffhaltige Stoffe .	80 %
Fette	100 %
Asche	100 %.

Nach diesen Versuchen wäre die Ausnutzung der N-haltigen Stoffe mit 80 % eine ausgezeichnet gute im Gegensatz zu den

1) Nähere Angaben sind in dieser Arbeit von Forster nicht gemacht worden. Er verweist zwar auf spätere ausführliche Mitteilungen von seiten des Herrn Dr. Bruns. Aus einer freundlichen Mitteilung des letzteren erfuhr ich, dafs eine weitere Publikation nicht erfolgt sei. Es wäre zur vergleichenden Beurteilung willkommen gewesen, wenn Angaben über die Menge des eingeführten Kakaos vorhanden gewesen wären.

künstlichen Verdauungsversuchen, die nur ca. 60% verdauliche Eiweifsstoffe ergaben.

Ein zweiter Versuch von Forster sollte entscheiden, ob der Kakao besser ausgenutzt würde, wenn man 20 g (2—3 Tassen) oder 60 g (8 Tassen) Kakao pro die einnähme.

Die bekannte Erfahrung, dafs manche Speisen, wenn sie in grofsen Mengen genossen werden, weniger verdaulich sind als in kleinen Mengen, zeigte sich auch hier.

Es ergaben sich als ausgenutzt bei Einnahme von:

	20,0 Kakao	60,0 Kakao
Trockensubstanz	100 %	75,6 %
N-Körper . . .	83,9 »	77,4 »
Fett	100,0 »	93,9 »
Asche	100,0 »	100,0 »

Hieraus ersieht man, dafs bei etwas gröfseren Gaben, wie sie allerdings kaum vom Einzelnen pro Tag genossen werden, die Ausnutzung etwas schlechter ist als bei 20,0 Einnahme, jedoch ebenfalls noch als recht gut bezeichnet werden mufs.

Den scheinbaren Widerspruch, der darin liegt, dafs von den Stickstoffverbindungen nur 83,9%, von der Trockensubstanz aber 100% ausgenutzt wurden, sucht Forster auf den Einflufs der Milch, welche in Verbindung mit dem Kakao genossen wurde, zurückzuführen. Er fand, dafs bei:

	Milch allein	Milch mit 20 g Kakao	Milch mit 60 g Kakao
von der Trockensubstanz	91,6	92	90,8
Stickstoffhaltige Körper .	93,0	93,2	92,4
Fette	96,0	96,3	95,6
Aschebestandteile . . .	56,7	66,1	63,1

ausgenutzt wurden.

Es soll also der Kakao in Verbindung mit Milch nicht nur selbst sehr gut verdaut werden, sondern auch die Ausnutzung der Milch verbessern.

Die Beobachtung läfst aber noch eine andere Deutung zu, sobald man sich nicht mit der Ausnutzung des Stickstoffes allein

begnügt, sondern den Gesamtstickstoff-Stoffwechsel ins Auge falst. Hierüber soll aber weiter unten Aufschlufs gegeben werden.

Ähnliche günstige Resultate wie die oben besprochenen erzielte auch Schlesinger[1]).

Auf eine Vorperiode aus $^3/_4$ l Milch, 250 g Fleisch, 300 g Weifsbrot und 100 g Schmalz folgte eine Hauptperiode, in der an Stelle eines halben Liters Milch **60 g** Kakao und 10 g Zucker gegeben wurden. Die Periode hielt 3 Tage an.

Die Einnahmen betrugen an:

	Stickstoff	Fett	Trockensubstanz
In der ganzen Vorperiode:	42,8	390,7	1274,1 g
pro die	14,3	130,2	424,7 »
In der ganzen Hauptperiode:	47,5	401,5	1366,4 »
pro die	15,8	133,8	455,5 »
Im Kot wurden ausgeschieden:			
In der ganzen Vorperiode:	5,7	16,5	96,7 »
	= 13,4	= 4,2	= 7,6 %
In der ganzen Hauptperiode:	7,5	11,4	136,6 »
	= 15,8	= 2,8	= 10 %.

Es verschlechtert sich die Ausnutzung der Stickstoffsubstanz und der Trockensubstanz in der Kakaoperiode sogar nur um 2%, während die Fettverdauung aufserdem verbessert wurde.

Beddies[2]) untersuchte in zweitägigen Perioden eine Reihe verschiedenen Kakaos: Helios, van Houten, Economia, Haferkakao, Halb und Halb, die er nebst Fleisch, Brot, Reis, Milch, Butter und Zucker in Mengen von täglich **50 g** genofs.

Während in der Vorperiode aus seiner Nahrung an:

	Eiweifs	Fett	Trockensubst.	
	13,44	3,81	7,37 %	zu Verlust gingen,
fanden sich bei Helios	15,65	2,34	9,32 »	
van Houten .	16,3	2,61	11,34 »	
Economia . .	16,14	2,61	10,34 »	
Haferkakao . .	14,43	3,17	8,05 »	
Halb und Halb	15,73	2,94	8,82 »	unausgenutzt.

1) Schlesinger, a. a. O.

2) Beddies, a. a. O.

Wir haben also dieselben günstigen Verhältnisse wie bei Schlesingers Versuchen. Es handelt sich bei der Stickstoffsubstanz bei Kakaogenufs auch nur um ca. 2% schlechtere Ausnutzung, beim Fett um eine geringere Verbesserung.

Bemerkenswert sind nach diesen günstigen Ergebnissen die Resultate von Beddies, die er bei einmaliger Einnahme von **150 g** Kakao gewann.

Von der Marke

Sanitas	wurden nicht verdaut	44,7%	stickstoffhalt. Substanz
van Houten	» »	45,9 »	» »

Auch die Fettresorption hatte gelitten. An Stelle der Fettmenge von ca. 2,6% waren unverdaut geblieben

bei Sanitas . . .	6,6%
» van Houten .	6,1 »

Diese Befunde würden ähnlich wie bei den Forsterschen dafür sprechen, dafs bei der Einnahme grofser Kakaomengen auch mehr davon zu Verlust geht.

Beispiele für diese Annahme bieten auch die von König[1]) mitgeteilten Versuche von Weigmann und Lebbin.

Lebbin[2]) gab einer Person drei verschiedene Kakaosorten mit Wasser und Zucker und zwar von jeder Sorte 188—304 g. Davon wurden unausgenutzt ausgeschieden:

bei Nr. I	58,94%	Stickstoffsubstanz	3,87 Fett
» » II	54,83 »	»	2,78 »
» » III	58,42 »	»	3,27 »

Leider wissen wir nicht, bei welchem Versuch bis zu 300 g Kakao gegeben wurden. Vermutlich sind es aber die so erheblichen Mengen allein, die den Grad der Ausnutzung so herabdrücken.

Nach H. Weigmanns Versuchen, dessen Resultate genau so ungünstige Zahlen liefern, wie wir sie bei Lebbin finden, scheint es, als ob schon bei ca. 200 g Tagesgabe die Ausnutzung des Kakaos nur zur Hälfte stattfände.

1) König, Zusammensetzung der Nahrungs- und Genufsmittel. 3. Aufl., II, 245, 244.

2) Lebbin, Genauere Angaben fehlen.

Weigmann nahm 2 Tage lang 195 g in Wasser gekochtes Kakaopulver neben Bier oder Wein.

	N.	Fett	Kohlehydrate	Asche
Die Einnahmen betrugen an:	6,45	53,21	40,17	10,47
» Ausgaben » »	3,74	3,81	0	11,48
Somit blieben unausgenutzt	58,5%	5,5%	0%	

Aus den eben besprochenen, bisher angestellten Versuchen geht hervor, dafs man bezüglich der Stickstoffausnutzung zu einer einheitlichen Ansicht nicht gelangt ist, die Schwankungen, in denen die Ausnutzung erfolgen soll, sind im Gegenteil aufserordentlich weite. Man fand von 2—58% unverdauliches Eiweifs.

Vermutlich hat das seinen Grund einmal in den variablen Mengen, die man benutzte, und darin, dafs man, ohne Wert auf diesen Punkt zu legen, die gefundenen Werte für den Kakao verallgemeinerte, dann aber spielt auch die Ausnutzung der neben dem Kakao mitgereichten Nahrungsmittel eine Rolle, und endlich kann man sich, wenn nur einseitig bei dieser Frage der Kotstickstoff berücksichtigt wird, kein ganz sicheres Urteil bilden.

Es ist mir nur eine Arbeit von Cohn[1]) begegnet, welcher bei seiner Untersuchung aufser dem Kotstickstoff auch den Harnstickstoff bestimmt hat.

Er nahm während 4 Tagen neben 50,0 Zucker, 2 Weifsbroten, 200,0 Fleisch und 20,0 Butter 110—130,0 Kakao mit einem Gehalt an:

Tag	I	II	III	IV
Stickstoff . .	14,0	13,7	14,7	14,3
Fett	55,6	52,3	49,0	58,9
Kohlehydrate	214,5	223,3	192,1	215,7

Die Ausgaben betrugen:

	I	II	III	IV
Harnstickstoff .	11,2	10,1	10,5	12,7
Kotstickstoff . .	3,8	3,8	3,8	3,8

1) Cohn, Zeitschrift f. physiolog. Chemie, 1895, 91.

Die Summe des in 4 Tagen
eingenommenen Stickstoffs beträgt 56,83 g
ausgeschiedenen » » im Harn 44,62
» » » im Kot 13,94
58,56

Es sind also aus der Gesamtnahrung 13,94 g = 24,5% Stickstoff im Kot wieder erschienen.

Nach genauer Berechnung des Anteils von Kotstickstoff, welcher auf den Kakao entfällt und unter Berücksichtigung des normalen Darmsaftstickstoffs nebst den Werten, die für das ausgeschiedene Theobromin in Abzug gebracht worden sind, beläuft sich der unverdauliche Anteil des Kakaostickstoffs auf 46,3%.

Berücksichtigt man bei der Stickstoffausscheidung im Kot, die von Bondzynski und Gottlieb[1]) und von Rost[2]) gemachte Beobachtung, wonach das Theobromin aller Wahrscheinlichkeit im Kote gar nicht zur Ausscheidung gelangt, so würde die Zahl 46,3% eine kleine Korrektur zum Besseren erfahren müssen. Jedoch ist diese Differenz ganz unbedeutend. Im ganzen scheint mir die Berechnung des Verfassers das Richtige getroffen zu haben.

Darnach wäre allerdings die Ausnutzung des Kakaostickstoffs wesentlich schlechter als wie sie Forster, Beddies und Schlesinger finden. Sie stimmt eher mit den ungünstigeren Resultaten von Weigmann, Lebbin überein, welche freilich zum gröfsten Teil durch die grofsen Gaben veranlafst waren.

Die Verdauung des Kakaofettes ist in allen angestellten Untersuchungen als eine recht günstige zu bezeichnen. Abgesehen von den zwei weniger gut erklärbaren Fällen von Beddies und Schlesinger, in denen das Kakaofett noch besser als das in der Vorperiode gegebene Nahrungsfett ausgenutzt wurde, zeigen doch die Versuche aller genannten Autoren eine Ausnutzung von 94—97%, Forsters Versuche eine solche bis zu 100%.

1) Bondzynski und Gottlieb, Archiv f. experimentelle Pathologie u. Pharmakol.

2) Rost, Archiv f. experim. Pathologie u. Pharmakol., Bd. XXXVI.

Auch die Versuche von Benedix[1]) und Zuntz[2]), welche mit Schokolade gearbeitet haben, beweisen, dafs das Kakaofett in den angegebenen Breiten verdaut wird.

Eigene Versuche.

Die Versuche, die ich an mir selbst ausgeführt habe, verfolgten den Zweck, gewisse Punkte, die bisher nicht sicher festgestellt sind, der Erklärung näher zu bringen und Anderes, was durch die besprochenen Experimente nicht aufgehellt werden konnte, auf eine sicherere Grundlage zu stellen. Endlich sollten durch längere Stoffwechselversuche mit möglichst einwandfreier Versuchsanordnung einige praktisch hygienische Fragen über den Nähr- und Genufswert des Kakaos, wie sie neuerdings hervorgetreten sind, ihre Beantwortung finden.

In den Vordergrund des Ganzen trat die Frage: Inwieweit ist der Kakao ein Nahrungs- und Genufsmittel?

Die Beantwortung versuchte ich auf experimentellem Wege zu führen durch Versuche über Resorption und Assimilation des Eiweifses, des Fettes und der Kohlehydrate.

Hieraus folgten weitere Fragen, von denen nur einige angedeutet werden sollen:

Werden grofse Mengen Kakao schlechter ausgenutzt als kleine?
Ist ein fettreicher Kakao einem mehr entölten vorzuziehen oder umgekehrt?
Vermehrt der Kakao die Kotabscheidung und die Urinmenge?
Wie wirkt das Theobromin?
Bringt der Kakao Verdauungsbeschwerden, Verstopfung?
Wie verhält es sich mit der Suspension des Kakaos?
Wie ist die Korngröfse bei Kakaosorten?
Beeinflufst das Aroma den Genufswert?
Wie verhalten sich »Schalenreiche« Kakaos im Magendarmkanal?
Worin besteht der Genufswert des Kakaos?

---

1) Benedix, Therapeutische Monatshefte, 1895, S. 345.
2) Zuntz, Therapeutische Monatshefte, 1890, Oktoberheft.

Wie beeinflufst die mit dem Kakao eingenommene Nahrung die Ausnutzung des Kakaos, und wie wird dieselbe durch den Kakao beeinflufst?

Eine wichtige Frage bei den Versuchen betraf das zur Verwendung gelangende Material. Es ist natürlich nicht gleichgültig, was für eine Kakaosorte man wählt, denn es kommt ganz darauf an, welcher Zweck mit dem Versuch verfolgt wird.

Das eine ist jedenfalls sicher: Soll die Frage entschieden werden, ob der Kakao besser verwertet wird, wenn man gröfsere oder wenn man geringe Mengen nimmt, oder handelt es sich darum, zu erfahren, ob ein fettreicherer Kakao einem fettärmeren vorzuziehen ist, so mufs das Experiment unter allen Umständen mit der gleichen Sorte Kakao, d. h. vom gleichen Ursprung und gleicher chemischer Zusammensetzung vorgenommen werden.

Erst nachdem auf diese Weise eine sichere Grundlage geschaffen ist, wie dieser bestimmte Kakao verwertet wird und vor allen Dingen, welche Bedeutung der Fettgehalt hat, kann man verschiedene Handelssorten mit höherem und niederem Fettgehalt vergleichen. Andernfalls würde man ja nicht sicher sein, ob nicht etwa schon die chemische Zusammensetzung der anderen Präparate den eventuellen Unterschied hervorgebracht hätte.

Stoffwechselversuche mit gröfseren oder geringeren Mengen Kakao derselben Provenienz sind meines Wissens noch nicht gemacht (ob bei den Forsterschen Ausnutzungen Versuche mit 20 und 60 g Kakao pro Tag das Material der gleichen Sorte entstammte, ist nicht angegeben).

Und Versuche — auch nicht Ausnutzungsversuche — welche sich mit der Bedeutung von fettreicherem und fettärmerem Kakao beschäftigen, sind überhaupt noch nicht vorgenommen worden.

Es war also noch keine Beweise da, auf Grund deren Vergleiche von Handelssorten mit verschiedenem Fettgehalt gemacht werden konnten. Auch war es klar, dafs eine einfache Berechnung der Kalorien der fettreicheren und fettärmeren Sorte im Ernst keinen Beweis für den Vorzug der einen vor der anderen Marke geben konnte.

Ich habe infolgedessen für die diesbezüglichen Versuche mir von der Firma Gebrüder Stollwerk in Köln aus ein und derselben Bohnensorte (Aribabohnen) einen Kakao von mittlerem Fettgehalt, wie er allgemein üblich ist, und einen von minderem Fettgehalt herstellen lassen, der nach meinen Analysen 34,2% resp. 15,2% betrug.

Für den Versuch über die Verwertbarkeit eines »Schalenreichen« Kakao wurde ein Material benutzt, dem der gesetzlich zulässige Schalengehalt von 2% belassen war.

In dem zweiten Teil der Arbeit werden dann noch Versuche mit 7 verschiedenen Handelssorten folgen, die dem freien Verkauf entnommen sind.

Die Anordnung der hier im ersten Teil der Arbeit mitgeteilten Versuche, welche im ganzen 43 Tage in Anspruch nahmen, war folgende:

An eine Vorperiode von 6 Tagen schlossen sich 8 fünftägige Perioden an, in denen verschiedene Fragen beantwortet werden sollten, worauf eine dreitägige Nachperiode den Schlufs bildete.

Die Nahrung während des Versuches war einfach gewählt, ähnlich wie ich sie bei meinen früheren Versuchen über Alkohol[1]), Borsäure, verschiedene Nährpräparate usw. benutzte. Sie bestand aus Cervelatwurst, Briekäse, Roggenbrot, Schweinefett und Zucker.

Die Durchschnittszahlen aus den von mir ausgeführten Analysen sind in der Tabelle auf S. 23 in Prozenten ersichtlich.

Die Nahrung wurde in der Zeit von 7 Uhr morgens bis 7 Uhr abends in Zwischenpausen von 2—3 Stunden eingenommen. Vom Kakao machte ich eine Aufschwemmung mit heifsem Wasser und nahm ihn in kleinen Portionen tagsüber neben der anderen Nahrung. In dem während 24 Stunden gesammelten Harne wurde täglich die Stickstoffmenge bestimmt. Jeder Tageskot wurde für sich getrocknet und gewogen. Zur Be-

1) R. O. Neumann, Münchner med. Wochenschrift, 1898, 3 u. 4; 1899, 2 u. 40; 1903, 3. — Archiv f. Hygiene, 1899, 36; 1902, 41 u. 42. — Arbeiten aus d. Kaiserl. Gesundheitsamt, 1902, 19.

Nahrungsmittel	Wasser	Trockensubstanz	Eiweifs	Fett[1]	Kohlehydrate[2]	Asche
Harte Cervelatwurst . . .	24,1	75,9	22,76	48,2	—	5,72
Harter Briekäse	52,2	47,8	19,95	23,6	—	5,0
Roggenbrot (Steinmetzbrot)	41,7	58,3	10,85	0,4	45,35	1,7
Ausgelassenes Schweinefett	—	100,0	—	100,0	—	—
Würfelzucker	—	100,0	—	—	100,0	—
Reiner Kakao mit 34,2 % Fettgehalt	4,3	95,7	23,87	34,2	11,2	5,9
Reiner Kakao mit 15,2 % Fettgehalt	6,1	93,9	28,35	15,2	13,4	7,5
»Bahiakakao« mit 16,8 % Fett + 3,7 % Schalen .	4,4	95,6	27,20	16,8	12,1	5,3

stimmung des Stickstoffes im Kot diente der gemischte Gesamtkot der ganzen Periode. Die pro Gramm Trockenkot gefundene Menge N wurde dann mit jeder Tageskotmenge multipliziert, wodurch die Tages-N-Ausfuhr im Kot festgelegt wurde. Die pro die im Kot ausgeschiedene Fettmenge wurde auf dieselbe Weise ermittelt. Eine Abgrenzung des Kotes habe ich auch wie früher nicht für notwendig erachtet, da mein Organismus bei täglicher einmaliger Defakation die Fäces fast quantitativ genau absetzt.

Meine Lebensführung bestand während des Versuchs in der gleichmäfsigen Laboratoriumsarbeit.

Das Körpergewicht bestimmte ich zu Anfang jeder Periode.

Alkohol, Tee, Kaffee wurde vollständig vermieden.

Die Funktionen des Organismus waren normal, der Verdauungstraktus war in bester Ordnung. Wassermengen nahm ich ganz nach Bedarf ca. 1200 ccm pro die. Ich vermag bei den Versuchen an mir aus den bis zum Abend abgegebenen Urinmengen immer ziemlich genau zu bemessen, wieviel ich an diesem Tage noch Wasser nehmen mufs, um am nächsten Morgen eine Quantität Urin zu besitzen, die mit der der übrigen Tage gut

1) Fett = Ätherextrakt. 8 Stunden im Soxhlet extrahiert.
2) Kohlehydrate als Stärke bestimmt.

übereinstimmt. Dieses Verfahren schliefst die grofsen Tagesschwankungen in der Stickstoffabgabe, welche bei jedem Stoffwechselversuch so störend wirken, aus, und es tritt nicht der Fall ein, dafs bei zu geringen Flüssigkeitsgaben eine Retention des Stickstoffs im Körper und bei zu grofsen Flüssigkeitsmengen eine Ausschwemmung des Stickstoffs zu befürchten wäre.

I. Periode (Vorperiode): 6 Tage. Ich setzte den Körper ins Stickstoffgleichgewicht mit 100 Cervelatwurst, 150 Briekäse, 400 Roggenbrot, 30 Fett und 100 Zucker = 2671 Kal.

II. Periode (I. Hauptperiode): Es sollte in der I. Hauptperiode festgestellt werden, ob und inwieweit das Eiweifs und das Fett des Kakaos das Eiweifs und das Fett der gewöhnlichen Nahrung (Vorperiode) vertreten kann.

War dies der Fall, so mufste Stickstoffgleichgewicht eintreten.

Der Kakao, den ich benutzte, enthielt 4,3 Wasser, 23,87 Eiweifs, 34,2 Fett, 11,2 Kohlehydrate (Stärke) und 5,9 Asche. Um genügend grofse und beweisende Ausschläge zu erhalten, wurden pro Tag 100 g genossen, eine Menge, welche zwar in der Praxis kaum pro Person verbraucht wird, die aber für die Beantwortung dieser ersten Frage notwendig war.

An Stelle der eingeführten 100 g Kakao mufste ein äquivalenter Teil des Eiweifs-, Fett- und Kohlehydratgehaltes der Nahrung in der Vorperiode weggelassen werden, was durch verringerte Zufuhr von Käse, Fett und Zucker geschah. Die Nahrung betrug demnach: 100 Wurst, 30 Käse, 400 Brot, 24 Fett, 90 Zucker, 100 Kakao = 2675 Kal.

III. Periode: In dieser Periode war zu beweisen, ob ein Kakao von geringerem Fettgehalt sich im Stoffwechsel genau so verhält wie der fettreichere. In bejahendem Falle durfte das Stickstoffgleichgewicht keine Veränderung erleiden. Die Qualität des genossenen Kakao war

dieselbe wie vorher; sein Gehalt an Fett betrug aber nur 15,2 %. Auch hier wurden für die 100 Kakao äquivalente Mengen Eiweifs, Fett und Kohlehydrate aus der anderen Nahrung weggelassen, so dafs die Nahrung nunmehr bestand aus: 100 Wurst, 7,5 Käse, 400 Brot, 29 Fett, 87 Zucker, 100 Kakao = 2498 Kal.

IV. Periode: War in Periode II und III der Kakao wirklich imstande, für das Eiweifs und Fett der gewöhnlichen Nahrung einzutreten, so mufste jetzt, wenn der Kakao weggelassen, die andere Nahrung aber nicht wieder erhöht wurde, eine starke Minusbilanz eintreten. Um dies zu entscheiden, betrug die Nahrung nur 100 Wurst, 7,5 Käse, 400 Brot, 29 Fett = 2237 Kal.

V. Periode: Um dem Einwande zu begegnen, dafs die Versuche praktische Verhältnisse nicht berücksichtigten, weil zu grofse, nicht übliche Tagesgaben an Kakao verabfolgt seien, habe ich die Versuche der I. und II. Periode wiederholt, aber mit kleineren Mengen Kakao. Die Gaben beliefen sich statt auf 100 nur auf 35 g, eine Quantität, die noch mit Genufs verzehrt werden kann. 5 Tassen à 150—200 g mit je 6—7 g Kakao. Die Ergebnisse mufsten alsdann gleichzeitig als Parallelversuche zu den ersten beiden Perioden die ersteren Resultate bestätigen.

Für die 35,0 Kakao, welcher 34,2 % Fett enthielt, fielen äquivalente Mengen von Eiweifs, Fett und Kohlehydraten an der anderen Nahrung weg. Sie bestand jetzt aus 100 Wurst, 108 Käse, 400 Brot, 28 Fett, 96 Zucker und 35 Kakao = 2671 Kal.

VI. Periode: Analoger Versuch wie in der V. Periode, aber mit 15,2 % Fett enthaltendem Kakao ausgeführt.

Gegeben wurden: 100 Wurst, 100 Käse, 450 Brot, 28 Fett, 94 Zucker und 35 Kakao = 2594 Kal.

VII. Periode: Es hatte ein Interesse zu wissen, ob ein stark entfetteter Kakao, der von Schalen nur so weit gereinigt war, als das Nahrungsmittelgesetz es unbedingt vorschreibt, sich in seinen ausnutzbaren Stoffen gleich wie die untersuchten Kakaos verhielte. Das Untersuchungsmaterial enthielt 4,4 Wasser, 27,2 Eiweifs, 16,8 Fett, 12,1 Kohlehydrate und 5,3 Asche.

Zum Vergleich wurden ebenfalls 35 g gegeben. Die Nahrung bestand aus: 100 Wurst, 102 Käse, 400 Brot, 27 Schweinefett, 95 Zucker und 35 Kakao = 2603 Kal.

VIII. Periode: Die letzte Hauptperiode sollte Aufklärung bringen über die von Forster gemachte Beobachtung, dafs der Kakao in Verbindung mit Milch besser im Organismus ausgenutzt würde. Um exakte Vergleichsverhältnisse zu bekommen, wählte ich dieselbe Nahrung wie in der II. Periode mit ebenderselben Menge Kakao von 100 g, nur mit dem Unterschied, dafs ich das Eiweifs aus der Wurst ersetzte durch das Eiweifs des Käses, welches ungezwungen für Milcheiweifs für unsern Versuch angesehen werden konnte. Da das Broteiweifs und Kakaoeiweifs in beiden Versuchen dasselbe blieb, so konnte eine Änderung in der Eiweifsausfuhr im Kot oder Urin nur auf das Käse- resp. Milcheiweifs zurückzuführen sein. Wenn nun wirklich die Kakaoausnutzung günstig beeinflufst worden sein sollte, so mufste im Kot der VIII. Periode weniger Eiweifs ausgeschieden werden als im Kot der II. Periode.

Die Nahrung betrug: 145 Käse, 400 Brot, 45 Fett, 100 Zucker, 100 Kakao zu 34,2 % Fett = 2675 Kal.

IX. Periode: Genau wie die Vorperiode.

Die Zusammensetzung der Nahrung in den einzelnen Perioden lasse ich nachstehend folgen:

I. Periode. Vorperiode.

Nahrungsmittel	Menge	Wasser	Eiweifs	Fett	Kohlehydrate	Asche
Cervelatwurst . . .	100,0	24,1	22,76	48,2	—	5,72
Briekäse	150,0	81,3	29,93	35,4	—	7,5
Schwarzbrot . . .	400,0	166,8	43,40	1,6	181,4	6,8
Schweinefett . . .	30,0	—	—	30,0	—	—
Zucker	100,0	—	—	—	100,0	—
Summa	780,0	272,2	96,09	115,2	281,4	20,02

II. Periode.

Nahrungsmittel	Menge	Wasser	Eiweifs	Fett	Kohlehydrate	Asche
Cervelatwurst . . .	100,0	24,1	22,76	48,2	—	5,72
Briekäse	30,0	16,2	5,98	7,1	—	1,5
Schwarzbrot . . .	400,0	166,8	43,40	1,6	181,4	6,8
Schweinefett . . .	24,0	—	—	24,0	—	—
Zucker	90,0	—	—	—	90,0	—
Kakao	100,0	4,3	23,87	34,2	11,2	5,9
Summa	744,0	211,4	96,01	115,1	282,6	19,92

III. Periode.

Nahrungsmittel	Menge	Wasser	Eiweifs	Fett	Kohlehydrate	Asche
Cervelatwurst . . .	100,0	24,1	22,76	48,2	—	5,72
Briekäse	7,5	4,0	1,46	1,7	—	0,35
Schwarzbrot . . .	400,0	166,8	43,40	1,6	181,4	6,8
Schweinefett . . .	29,4	—	—	29,4	—	—
Zucker	87,0	—	—	—	87,0	—
Kakao	100,0	6,1	28,35	15,2	13,4	7,5
Summa	723,9	201,0	96,0	96,1	281,8	20,37

IV. Periode.

Nahrungsmittel	Menge	Wasser	Eiweifs	Fett	Kohlehydrate	Asche
Cervelatwurst . . .	100,0	24,1	22,76	48,2	—	5,72
Briekäse	7,5	4,0	1,49	1,7	—	0,35
Schwarzbrot . . .	400,0	166,8	43,4	1,6	181,4	6,8
Schweinefett . . .	29,4	—	—	29,4	—	—
Zucker	100,0	—	—	—	100,0	—
Summa	636,9	194,9	67,65	80,9	281,4	12,87

V. Periode.

Nahrungsmittel	Menge	Wasser	Eiweifs	Fett	Kohlehydrate	Asche
Cervelatwurst	100,0	24,1	22,76	48,2	—	5,72
Briekäse	108,0	58,5	21,54	25,4	—	5,04
Schwarzbrot . . .	400,0	166,8	43,40	1,6	181,4	6,8
Schweinefett . . .	28,0	—	—	28,0	—	—
Zucker	96,0	—	—	—	96,0	—
Kakao	35,0	1,5	8,35	11,97	4,0	2,06
Summa	767,0	250,9	96,05	115,2	281,4	19,62

VI. Periode.

Nahrungsmittel	Menge	Wasser	Eiweifs	Fett	Kohlehydrate	Asche
Cervelatwurst . . .	100,0	24,1	22,76	48,2	—	5,72
Briekäse	100,0	54,2	19,97	28,6	—	5,0
Schwarzbrot . . .	400,0	166,1	43,4	1,6	181,4	6,8
Schweinefett . . .	28,0	—	—	28,0	—	—
Zucker	94,0	—	—	—	94,0	—
Kakao	35,0	2,1	9,92	5,32	6,0	2,6
Summa	757,0	246,5	96,05	106,72	281,4	20,12

VII. Periode.

Nahrungsmittel	Menge	Wasser	Eiweifs	Fett	Kohlehydrate	Asche
Cervelatwurst . . .	100,0	24,1	22,76	48,2	—	5,72
Briekäse	102,0	55,2	20,34	24,0	—	5,10
Schwarzbrot . . .	400,0	166,8	43,4	1,6	181,4	6,8
Schweinefett . . .	27,0	—	—	27,0	—	—
Zucker	95,0	—	—	—	95,0	—
Kakao	35,0	1,5	9,52	5,8	5,0	1,85
Summa	759,0	247,6	96,02	106,6	281,4	19,47

VIII. Periode.

Nahrungsmittel	Menge	Wasser	Eiweifs	Fett	Kohlehydrate	Asche
Briekäse	145,0	78,5	28,82	34,2	—	7,2
Schwarzbrot . . .	400,0	166,8	43,40	1,6	181,4	6,8
Schweinefett . . .	45,0	—	—	45,0	—	—
Zucker	90,0	—	—	—	90,0	—
Kakao	100,0	4,3	23,87	34,2	11,2	5,9
Summa	780,0	249,6	96,09	115,0	282,6	19,9

(Siehe die Tabelle auf S. 30—33 und Tafel I.)

Tabellarische Übersicht.

Die Tabelle gibt die Einnahmen, Ausgaben und die Bilanz wieder.

Am Schlufs jeder Periode sind die Mittelwerte aus Einnahmen und Ausgaben zusammengestellt. Die Bilanz resultiert aus der Differenz der gesamten Tageseinnahmen und -Ausgaben. Ihr folgt die Berechnung der Ausnutzung des Stickstoffs und des Fettes und die Angaben des täglichen Stickstoff- und Fettverlustes in Prozenten der Stickstoff- und Fettzufuhr.

Die Zahlen und Angaben über Stickstoff- und Fettausscheidung sind die durch Stickstoffanalysen und Fettextraktionen gewonnenen direkten Werte. Dabei ist der Anteil des Theobrominstickstoffs und des physiologischen Darmsaftstickstoffs zunächst unberücksichtigt gelassen. Diese Punkte sollen für sich besprochen werden.

Resultate.

Der mehr als 6 Wochen dauernde Versuch wurde ohne Unterbrechung bei vollstem Wohlbefinden und normalen Funktionen durchgeführt.

I. Periode.

Das Stickstoffgleichgewicht ist in der 6tägigen Vorperiode mit 96 Eiweifs, 115 Fett und 281 Kohlehydraten in vollkommener Weise erreicht worden. Es hat nur eine geringe Plusbilanz von + 0,32 stattgefunden. Die tägliche Kotabsetzung ist regelmäfsig, der Harnstickstoff zeigt nur die normalen Schwankungen.

Die Ausnutzung der eingeführten Nahrung aus Brot, Käse, Wurst und Zucker beträgt **82,5%**, eine Zahl, welche mit der bei allen meinen früheren Stoffwechselversuchen gewonnenen gut übereinstimmt. Das Fleisch und Milchfett wird zu 95% verwertet. Die Extraktionen zur Bestimmung des Fettes im Kot und in den Nahrungsmitteln dauerten stets 8 Stunden.

(Fortsetzung des Textes auf S. 32.)

Erster

Perioden	Versuchstage		Körpergewicht	Nahrungsmenge	Wasser	Flüssigkeit in der Nahrung	Wasserfreie Nahrung	Eiweiß	Fett	Kohlehydrate	Asche	Gesamtstickstoff	Kalorien
	Einnahmen												
I. Periode	1	1	73,2	780,0		272,2	497,8	96,09	115,2	281,4	20,0	15,37	
	2	2		780,0		272,2	497,8	96,09	115,2	281,4	20,0	15,37	
Vorperiode	3	3		780,0		272,2	497,8	96,09	115,2	281,4	20,0	15,37	
Volle	4	4		780,0		272,2	497,8	96,09	115,2	281,4	20,0	15,37	
Nahrung	5	5		780,0		272,2	497,8	96,09	115,2	281,4	20,0	15,37	
	6	6		780,0		272,2	497,8	96,09	115,2	281,4	20,0	15,37	
Mittel			73,2	780,0	ca. 1200	272,2	497,8	96,09	115,2	281,4	20,0	15,37	2671,0
II. Periode	1	7		744,0		211,4	532,6	96,01	115,1	282,6	19,9	15,36	
100,0	2	8		744,0		211,4	532,6	96,01	115,1	282,6	19,9	15,86	
Kakao	3	9		744,0		211,4	532,6	96,01	115,1	282,6	19,9	15,36	
mit 34,2 %	4	10		744,0		211,4	532,6	96,01	115,1	282,6	19,9	15,36	
Fettgehalt	5	11		744,0		211,4	532,6	96,01	115,1	282,6	19,9	15,36	
Mittel			73,0	744,0	ca. 1200	211,4	532,6	96,01	115,1	282,6	19,9	15,36	2675,0
III. Periode	1	12		723,9		201,0	520,4	96,0	96,1	281,8	20,4	15,36	
100,0	2	13		723,9		201,0	520,4	96,0	96,1	281,8	20,4	15,86	
Kakao	3	14		723,9		201,0	520,4	96,0	96,1	281,8	20,4	15,36	
mit 15,2 %	4	15		723,9		201,0	520,4	96,0	96,1	281,8	20,4	15,36	
Fettgehalt	5	16		723,9		201,0	520,4	96,0	96,1	281,8	20,4	15,36	
Mittel			72,7	723,9	ca. 1200	201,0	520,4	96,0	96,1	281,8	20,4	15,36	2497,7
IV. Periode	1	17		636,9		195,0	441,9	67,65	80,9	281,4	12,87	10,83	
	2	18		636,9		195,0	441,9	67,65	80,9	281,4	12,87	10,88	
Ohne Kakao	3	19		636,9		195,0	441,9	67,65	80,9	281,4	12,87	10,88	
	4	20		636,9		195,0	441,9	67,65	80,9	281,4	12,87	10,83	
Mittel			72,5	636,9	ca. 1200	195,0	441,9	67,65	80,9	281,4	12,87	10,83	2237,0
V. Periode	1	21		767,0		251,0	516,0	96,05	115,2	281,4	19,62	15,37	
35,0	2	22		767,0		251,0	516,0	96,05	115,2	281,4	19,62	15,37	
Kakao	3	23		767,0		251,0	516,0	96,05	115,2	281,4	19,62	15,37	
mit 34,2 %	4	24		767,0		251,0	516,0	96,05	115,2	281,4	19,62	15,37	
Fettgehalt	5	25		767,0		251,0	516,0	96,05	115,2	281,4	19,62	15,37	
Mittel			72,6	767,0	ca. 1200	251,0	516,0	96,05	115,2	281,4	19,62	15,37	2671,0

Versuch.

Ausgaben								Bilanz	N-Verlust in % der N-Zufuhr	N-Ausnutzung der Gesamtnahrung	Fettverlust in % der Fettzufuhr	Fettausnutzung d. Gesamtnahrung	Bemerkungen
Kot, feucht	Kot, lufttrocken	Harnmenge	Stickstoff im Kot	Stickstoff im Harn	Gesamtstickstoff	Fett im Gesamtkot	Fett in 1 g Kot						
240,0	45,0	1200	2,83	12,36	15,69	6,03							
200,0	43,0	1160	2,70	11,83	14,53	5,76							
230,0	44,5	1080	2,80	13,26	16,06	5,96							
190,0	42,0	980	2,64	13,12	15,76	5,62		+ 0,32					
205,0	42,0	1160	2,64	11,70	14,34	5,62							
210,0	41,5	1210	2,61	11,85	14,46	5,56							
210,0	43,0	1130	2,70	12,35	15,05	5,75	0,134		17,5	82,5	4,99	95,01	
480,0	105,0	1380	6,93	9,66	16,59	13,12							
502,0	101,0	1240	6,66	8,39	15,05	12,62							
475,0	103,5	1400	6,83	10,02	16,85	12,93		— 0,90					
430,0	101,5	1180	6,69	10,54	17,23	12,62							
505,0	102,5	1210	6,76	8,75	15,51	12,81							
478,0	103,0	1280	6,77	9,49	16,26	12,82	0,125		44,0	56,0	11,0	89,0	
530,0	131,0	1270	7,33	7,81	15,14	13,1							
555,0	136,0	1100	7,61	9,24	16,85	13,6							
480,0	129,0	1360	7,22	8,73	15,95	12,9		— 0,46					
460,0	131,0	1290	7,33	7,90	15,23	13,1							
515,0	133,0	1210	7,44	8,52	15,96	13,3							
508,0	132,0	1250	7,38	8,44	15,82	13,2	0,100		48,0	52,0	13,7	86,3	
210,0	40,5	1310	2,04	10,98	12,47	3,76							
190,0	35,0	1080	2,38	9,71	12,09	3,25							
170,0	36,5	1090	2,15	11,84	12,99	3,89		— 2,27					
200,0	37,0	1170	2,18	11,22	13,30	3,56							
195,0	37,0	1160	2,18	10,92	13,10	3,56	0,093		20,1	79,9	4,3	95,7	
275,0	61,5	1340	3,93	11,84	15,77	7,38							
240,0	59,0	1260	3,77	13,08	16,80	7,08							
290,0	57,0	980	3,64	10,00	13,64	6,84		+ 0,26					
255,0	58,0	1010	3,71	11,81	15,52	6,96							
298,0	62,5	1120	4,00	9,52	13,52	7,50							
270,0	60,0	1140	3,81	11,20	15,01	7,20	0,120		24,8	75,2	6,1	93,9	

Perioden	Versuchstage		Körpergewicht	Nahrungsmenge	Wasser	Flüssigkeit in der Nahrung	Wasserfreie Nahrung	Eiweiß	Fett	Kohlehydrate	Asche	Gesamtstickstoff	Kalorien
	Einnahmen												
VI. Periode	1	26		757,0		246,5	509,8	96,05	106,7	281,4	20,1	15,37	
35,0	2	27		757,0		246,5	509,8	96,05	106,7	281,4	20,1	15,37	
Kakao	3	28		757,0		246,5	509,8	96,05	106,7	281,4	20,1	15,37	
mit 15,2 %	4	29		757,0		246,5	509,8	96,05	106,7	281,4	20,1	15,37	
Fettgehalt	5	30		757,0		246,5	509,8	96,05	106,7	281,4	20,1	15,37	
Mittel			72,5	757,0	ca. 1200	246,5	509,8	96,05	106,7	281,4	20,1	15,37	2594,0
VII. Periode	1	31		759,0		247,6	509,4	96,09	106,6	281,4	19,47	15,37	
35,0 Kakao	2	32		759,0		247,6	509,4	96,09	106,6	281,4	19,47	15,37	
mit 16,8 %	3	33		759,0		247,6	509,4	96,09	106,6	281,4	19,47	15,37	
Fettgehalt +	4	34		759,0		247,6	509,4	96,09	106,6	281,4	19,47	15,37	
3,7 % Schalen	5	35		759,0		247,6	509,4	96,09	106,6	281,4	19,47	15,37	
Mittel			72,5	759,0	ca. 1200	247,6	509,4	96,09	106,6	281,4	19,47	15,37	2603,0
VIII. Periode	1	36		780,0		249,6	530,4	96,09	115,0	282,6	19,9	15,37	
100,0 Kakao	2	37		780,0		249,6	530,4	96,09	115,0	282,6	19,9	15,37	
mit 34,2 %	3	38		780,0		249,6	530,4	96,09	115,0	282,6	19,9	15,37	
Fettgehalt. Keine Wurst,	4	39		780,0		249,6	530,4	96,09	115,0	282,6	19,9	15,37	
nur Käse	5	40		780,0		249,6	530,4	96,09	115,0	282,6	19,9	15,37	
Mittel			72,4	780,0	ca. 1200	249,6	530,4	96,09	115,0	282,6	19,9	15,37	2675,0
IX. Periode	1	41		780,0		272,2	497,8	96,09	115,2	281,4	20,0	15,37	
Nachperiode	2	42		780,0		272,2	497,8	96,09	115,2	281,4	20,0	15,37	
	3	43		780,0		272,2	497,8	96,09	115,2	281,4	20,0	15,37	
Mittel			72,4	780,0	ca. 1200	272,2	497,8	96,09	115,2	281,4	20,0	15,37	2675,0

Da es keine einheitlichen Normen für die Zeitdauer der Fettextraktionen gibt, so habe ich mich, analog meiner früheren Versuche, mit 8 Stunden begnügt. Es leuchtet ein, daſs die Werte des Ätherextraktes auch bei schwer extrahierbaren Materialien durch längeres Extrahieren etwas gröſser werden können — so sind z. B. die von anderen Untersuchern bei manchen Kakaosorten erhaltenen Ätherextraktzahlen etwas höher als die von mir erzielten Werte —, allein bei diesem Stoffwechselversuch kommt es mehr auf einheitliche Extraktionszeitdauer an, um zwischen

Ausgaben								Bilanz	N-Verlust in % der N-Zufuhr	N-Ausnutzung der Gesamtnahrung	Fettverlust in % der Fettzufuhr	Fettausnutzung d. Gesamtnahrung	Bemerkungen
Kot, feucht	Kot, lufttrocken	Harnmenge	Stickstoff im Kot	Stickstoff im Harn	Gesamtstickstoff	Fett im Gesamtkot	Fett in 1 g Kot						
290,0	66,0	1230	4,22	11,75	15,97	8,18							
310,0	64,0	1310	4,09	10,22	14,31	7,98							
255,0	68,0	1200	4,35	11,50	15,85	8,43		+ 0,62					
270,0	63,5	1180	4,06	10,83	14,89	7,87							
285,0	64,0	1120	4,09	8,64	12,73	7,93							
280,0	65,2	1200	4,10	10,65	14,75	8,08	0,124		26,6	73,4	7,55	92,45	
305,0	72,0	1080	4,53	11,36	15,89	7,12							
340,0	70,5	1160	4,44	9,24	13,68	6,97							
330,0	71,0	1230	4,47	10,01	14,48	7,02		+ 0,63					
290,0	69,5	1000	4,37	11,31	15,68	6,88							
285,0	72,5	1230	4,53	9,48	14,01	7,12							
310,0	71,0	1140	4,46	10,28	14,74	7,02	0,099		29,0	71,0	7,3	92,7	
350,0	86,0	1230	5,67	10,45	16,62	9,46							
360,0	88,0	1160	5,80	9,60	15,40	9,68							
280,0	85,0	1310	5,65	12,04	17,69	9,35		— 0,61					
410,0	82,0	1080	5,4	10,21	15,61	9,06							
385,0	89,0	1120	5,87	9,25	15,12	9,79							
360,0	86,0	1180	5,67	10,31	15,98	9,46	0,11		36,8	63,2	8,2	91,8	
250,0	45,5	1210	2,86	13,60	16,46	5,91							
190,0	43,5	980	2,74	10,54	13,28	5,65		+ 0,45					
210,0	43	1340	2,70	12,31	15,01	5,53							
215,0	44	1180	2,77	12,15	14,92	5,72	0,13		18,0	82,0	4,9	95,1	

den Werten der Fett-Ein- und Ausfuhr gute Vergleichszahlen zu bekommen.

Aufserdem ist sehr wohl anzunehmen, dafs die kleinen Mengen von ätherlöslicher Substanz resp. Fett, welche binnen 8 Stunden nicht ausgezogen sind (z. B. aus dem Kakao) im Magendarmtraktus während der Verdauungsperiode von ungefähr derselben Dauer auch nicht extrahiert werden können. Da die Verdauungszeit im allgemeinen nicht länger angenommen werden kann, so sind die Mengen von Fett, die nicht in der angegebenen

Zeit herausgezogen waren, doch für den Organismus verloren. Und das dürfte überall dort der Fall sein, wo Fett in Zellen vegetabilischer Natur, wie beim Kakao, oder in Zellen animalischer Natur, wie z. B. beim Speck, eingeschlossen ist.

Ich halte auch dies mit für den Grund, dafs das Kakaofett, sobald es im Kakao genossen wird, etwas weniger gut ausgenutzt wird als z. B. ausgelassenes Schweinefett, ganz ebenso wie das Schweinefett im Speck weniger gut ausgenutzt wird als im ausgelassenen Zustande.

II. Periode.

Sobald in der zweiten Periode die Nahrung eine Änderung dadurch erfährt, dafs an Stelle von 120 g Käse und 6 g Fett eine äquivalente Menge von 100 g Kakao gegeben wird, zeigen die Ausgaben ganz andere Zahlen.

Die Gesamtstickstoffbilanz hat sich geändert. Für ein Plus von 0,32 findet sich ein Minus von 0,9, d. h. der tägliche Verlust an Körpereiweifs beträgt 1,22 · 6,25 = 6,7 g. Die 100 g Kakao waren also nicht imstande, das Stickstoffgleichgewicht zu erhalten.

Hierüber wird man nicht sonderlich erstaunt sein, da niemand dem Kakao die Eigenschaften eines vollwertigen Nahrungsmittels wird zubilligen können. Aber die Sache liegt noch anders. Wir können aus der Bilanz allein gar keine Beweise für den Wert als Nahrungsmittel entnehmen. Dieselbe gibt uns das Verhältnis des eingeführten zum ausgeschiedenen Stickstoff an, aber nicht wie der Stickstoff und ob er verwertet wird. Daher mufs man die Ausscheidung des Stickstoffs im Harn und im Kot einer genaueren Betrachtung unterziehen.

Wir sehen — obwohl in der II. Periode dem Gewicht nach ca. 30 g weniger Nahrung zugeführt wurde, eine bedeutend gröfsere Kotausscheidung gegenüber der Vorperiode. Die Kotmenge beträgt im feuchten Zustande 478 g, im lufttrockenen 103 g gegenüber 210 g und 43 g. Es hat also die Gabe von 100,0 Kakao den Trockenkot um das $2^1/_2$fache ver-

mehrt. Der Unterschied ist darin zu suchen, dafs einmal die Trockensubstanz in der Nahrung der II. Periode[1]) infolge des wasserarmen Kakaos um 20 g vermehrt wurde, andrerseits aber besonders darin, dafs der Kakao selbst eine vermehrte Kotbildung veranlafst. Andernfalls hätte man höchstens, selbst wenn von 100 g Kakao nichts resorbiert worden wäre, ca. 70 g Kot erwarten können. Welche Substanzen aufser dem Kakao so lebhaft sich an der Kotbildung mit beteiligten, ist nicht ohne weiteres zu sagen und soll weiteren Studien vorbehalten sein; sicher ist jedenfalls, dafs die Ausnutzung der Gesamtnahrung durch die Einfuhr einer gewissen Kakaomenge an Stelle einer äquivalenten Menge andrer Stoffe wesentlich schlechter geworden ist.

In ganz analoger Weise steigt auch die Stickstoffausscheidung.

Die Stickstoffmenge im Kot beträgt in der Vorperiode 2,7 g pro Tag, in der II. Periode aber 6,77 g; d. i. $1^1/_2$mal so viel.

Demnach würde der N-Verlust der N-Einfuhr 44% und die Ausnutzung der ganzen Nahrung nur 56% betragen.

Uns interessiert aber in erster Linie, wie der Kakao selbst ausgenutzt wird.

Wie leicht es nun ist, bei der gemischten Nahrung der Vorperiode den nicht realisierbaren Anteil eines jeden Nahrungsmittels zu berechnen, so schwierig wird es, sich bei Zugabe von einer gröfseren Menge Kakao zur gemischten Nahrung über den Anteil des Kakaos an dem ausgeschiedenen Kotstickstoff ein klares Bild zu machen.

Die folgende Überlegung und Berechnung mag dies lehren:

Eingenommen wurde in der Vorperiode:

in 100 g Wurst .	22,76	Eiweifs
in 150 g Käse .	29,93	»
in 400 g Brot .	43,40	»
	96,09	Eiweifs

1) Trockensubstanz in der Vorperiode 508 g, in der II. Periode 520 g.

Da die Voruntersuchung auf Ausnutzbarkeit der angewandten Nahrungsmittel bei mir an unausgenutztem Eiweifs

für	Cervelatwurst . . .	2,9 %
»	Briekäse	4,3 %
»	Steinmetzbrot . . .	28,2 %

ergab — (ohne Abzug der von Rieder[1])[2]) ermittelten Zahl von 0,73 g N = 4,56 Eiweifs, welcher pro Tag im Darmsaft zur Ausscheidung gelangt —, so entfallen:

auf	22,76 Wursteiweifs .	0,66 g	nichtresorbiertes Eiweifs
»	29,93 Käseeiweifs .	1,29 g	» »
»	43,40 Broteiweifs .	12,23 g	» »
	in Summa	14,18 g	nichtresorbiertes Eiweifs[3]),

welches im Kot ausgeschieden wurde.

In der II. Periode, in welcher 100,0 Kakao gegeben wurden, bestanden nun die 96,01 g des eingenommenen Eiweifses aus:

22,76 Wursteiweifs
5,98 Käseeiweifs
43,40 Broteiweifs und 23,87 Kakaoeiweifs.

Nach den eben genannten Ausnutzungsermittelungen würden dann unresorbiert im Kot ausgeschieden worden sein:

0,66 g	Eiweifs aus	Wurst
0,25 g	» »	Käse
12,23 g	» »	Brot

in Summa 13,14 g Eiweifs.

---

1) Rieder, Zeitschrift f. Biologie, 1884, XX.

2) Pfeiffer, Zeitschrift f. physiolog. Chemie, X, 562.

3) Würde man hierzu noch 4,56 g Eiweifs (die Riedersche Zahl) hinzurechnen, so hätten in der Vorperiode 18,74 g im Kot gefunden werden müssen. Die Tatsache, dafs durch Analysen aber nur 16,87 g Eiweifs = 2,7 N nachgewiesen werden konnten, erklärt sich daraus, dafs die Nahrungsmittel, Wurst, Käse und Brot, gemischt etwas besser ausgenutzt wurden als allein, eine Beobachtung, welche bereits von Rubner (Zeitschr. f. Biologie, Bd. 15, S. 139) und anderen gemacht wurde.

Arc

de.
it 34.2 Fet

4	5
24	2

Da in dieser Periode aber 6,77 g N = 42,3 g Eiweifs im Kot wiedergefunden wurden, so müfsten:

$$\begin{array}{r} 42{,}3 \\ -\ 13{,}14 \\ \hline =29{,}17 \end{array} \text{ Eiweifs}$$

von nichtresorbiertem Kakaoeiweifs stammen.

Es sind aber im ganzen nur 23,87 Kakaoeiweifs eingeführt worden; die Rechnung führt also nicht zum Ziele.

Hieraus ist ersichtlich, dafs auf diesem Wege ein richtiger Überblick über die Menge des von 100 g Kakao resorbierten Anteiles nicht erlangt werden kann. Nur eines läfst sich ableiten: Eine gröfsere Menge von Kakao, in unserem Falle 100 g, wird nicht nur selbst sehr schlecht ausgenutzt, sondern trägt auch noch dazu bei, dafs von dem mit beigegebenen Nahrungsgemisch ein erheblicher Teil schlechter verwertet wird, als wenn man den Kakao nicht gibt. Erfährt die Kakaomenge eine Verminderung, so wird auch die Ausnutzung der Gesamtnahrung, wie wir unten sehen werden, eine günstigere. Wollen wir daher wissen, wie der Kakao allein im Organismus verwertet und ausgenutzt wird, so bleibt nichts anderes übrig, als ihn allein, ohne Beigabe anderer stickstoffhaltiger und kotbildender Stoffe, zu prüfen. Derartige Versuche habe ich ebenfalls ausgeführt und ihre Resultate sollen am Schlufs des zweiten Teiles der Arbeit besprochen werden.

Ein gewisser kleiner Prozentsatz des ausgeführten Kotstickstoffs in der zweiten Periode könnte auch darauf zurückzuführen sein, dafs an Stelle von den 120,0 leicht resorbierbarem Milcheiweifs resp. Käseeiweifs der I. Periode Fleischeiweifs und in der Hauptsache vegetabilisches Eiweifs eintrat.

Es ist von mir[1]) durch Versuche nachgewiesen worden, dafs die Resorption des Fleischeiweifses sich bis zu 9% schlechter gestalten kann als die des Milcheiweifses, ganz abgesehen von dem vegetabilischen Eiweifs, welches, wie die verschiedensten Versuche von Rubner und auch die oben angestellten Aus-

1) R. O. Neumann, Archiv f. Hygiene, Bd. 41, S. 12.

nutzungsversuche beim Brot zeigen, noch bedeutend schlechter verwertet wird.

Diese Beobachtung machte sich auch von neuem in der VIII. Periode geltend, wo bei gleicher Nahrung und gleicher Eiweifseinfuhr wie in der II. Periode das Fleischeiweifs vollständig ausgeschaltet war und nur Milch- und vegetabilisches Eiweifs gegeben wurde. Es betrug hier der N-Gehalt des Kotes nur 5,67 g pro die, im Gegensatz zu 6,77 g in der II. Periode.

Aber trotz dieser Einschränkung zugunsten der Ausnutzbarkeit des Kakaos bleibt doch die Tatsache bestehen, dafs das Kakaopulver sehr ungünstig auf die Stickstoffausfuhr im Kot einwirkt. Zur Bestätigung hierfür dient auch in doppelter und dreifacher Weise die IV. und IX. Periode, in welcher ebenso wie in der ersten — bei Fortlassung des Kakaos — nur 2—3 g N im Kot ausgeschieden werden.

Wie verhält sich nun hierzu der im Harn ausgeschiedene Stickstoff?

Wir beobachteten gegenüber der Vorperiode ein Herabsinken der Stickstoffmenge von 12,3 g auf 9,49 g.

Man hätte aber eher eine Zunahme erwarten sollen, weil ja infolge der Ausscheidung von 44% des eingeführten Stickstoffes dem Organismus nur noch 56% zur Assimilation zur Verfügung standen. Der Körper gab aber von seinem eigenen Eiweifs, welches den Harnstickstoff vermehrt hätte, nichts ab und so mufsten wir zwingend schliefsen, dafs die 9,49 g Stickstoff ausreichend waren, um den Organismus auf dem N-Gleichgewicht zu erhalten oder wenigstens fast zu erhalten.

Dafs hier kein Zufall spielt, lehrt auch die folgende Periode, wo diese Erscheinung in noch erhöhtem Mafse auftritt, und auch in dem zweiten Teil der Arbeit, bei Prüfung verschiedener Handelssorten, ist dieselbe Beobachtung zu machen.

Immerhin ist diese Tatsache sehr auffällig, und es könnte fast den Anschein erwecken, als sei im Kakao ein Eiweifs vorhanden, welches in ganz besonderer Weise — in viel höherem Grade als das Eiweifs der andern eingeführten Stoffe — dem Körper zugute käme.

Dafür haben wir aber nach der heutigen Kenntnis der Eiweifskörper keine Anhaltspunkte und keine Beweise. Die naheliegendste Erklärung dafür, dafs der Organismus scheinbar mit so wenig Eiweifs auf seinem N-Gleichgewicht erhalten blieb, kann am einfachsten darin gefunden werden, dafs all das Eiweifs, welches der direkten Ausfuhr im Kot entging, resorbiert und assimiliert wurde und vom Organismus in seinem ganzen Umfang zur Verwertung kam, während in anderen Fällen im assimilierten Eiweifs Gruppen von Eiweifskörpern mit aufgenommen werden, wie z. B. beim Kartoffeleiweifs, die den Körper, ohne ihm zugute zu kommen, im Harn wieder verlassen. Letztere werden dann wieder mit gefunden und täuschen so über die richtigen Mengen, mit denen der Körper sich auf dem Gleichgewicht erhalten konnte.

Zu dieser Annahme drängt mich die Beobachtung, die ich[1]) bei Untersuchungen über Milch- und Fleischeiweifspräparate mehrfach übereinstimmend machte. Es wurde stets in den Perioden, in welchen Milcheiweifs gegeben wurde, im Harn bis zu 15% mehr Stickstoff gefunden als in den Perioden, in denen ich Fleisch- oder vegetabilisches Eiweifs nahm.

Ganz analog müssen die Verhältnisse auch für den vorliegenden Fall — da die Versuche an demselben Organismus gemacht sind — liegen. Es unterliegt keinem Zweifel, dafs ich mich auch in der I. Periode, in der 120 g Milch- resp. Käseeiweifs mehr genossen wurden als in der II. Periode, schon mit etwas weniger Eiweifs, als durch die im Harn nachgewiesenen 12,30 g N dokumentiert wird, auf dem Gleichgewicht erhalten habe.

Setzen wir z. B. die früher an mir gewonnene Zahl von ca. 15% für unausgenutzten Harnstickstoff in der ersten Periode ein, so erhalten wir an Stelle von 12,30 nur ca. 10,5 g verwertetes N. Und diese Menge würde unter Berücksichtigung der Minusbilanz von 0,9 g in der zweiten Periode mit den ausgeschiedenen 9,49 g N annähernd übereinstimmen.

1) R. O. Neumann, Archiv f. Hygiene, Bd. 41.

Um übrigens eine praktische Konsequenz hieraus zu ziehen, würde es gar nicht so besonders rationell sein, die Kakaozufuhr mit einer reinen Milchdiät zu verbinden, weil bei der Milchdiät, wie erwähnt, so erheblich mehr Prozent Stickstoff im Harn unerwartet zu Verlust gehen, als bei Fleischkost. Da anderseits der Kakao selbst eine stark kotbildende Substanz ist und eine gröfsere Stickstoffausfuhr auch im Kot veranlafst, so würde durch diese beiden Faktoren etwas Erspriefsliches für die Ernährung nicht zu erzielen sein.

Bei der Beurteilung der Stickstoffbilanz ist aber eins nicht zu übersehen. Das ist die Rolle, die der Theobrominstickstoff spielt. Nach Bondzynski und Gottlieb[1]) enthält das Theobromin 31,28 % Stickstoff. Im Tierkörper erfährt es eine Umsetzung zu Methylxanthin; und zwar werden binnen 48 Stunden 24,6 % zu Methylxanthin umgewandelt, während 19 % unverändert in den Harn übergehen. Rost[2]) stellte dann weiter fest, dafs Theobromin ganz genau wie das Koffein im Kot überhaupt nicht zur Ausscheidung käme, und fand beim Menschen ca. $^1/_5$ (20,7 %) im Harn wieder.

Geben wir nun in unserem Falle bei Einnahme von 100 g Kakao 1,5 g Theobromin, so führen wir damit ca. $^1/_3$ davon = 0,5 als Stickstoff ein, welcher aber, da er in den Kot nicht übergeht, die Ausnutzungsfrage des Kakaostickstoffs nicht beeinflufst. Im Harn dagegen würde sich, da ca. $^1/_5$ des Theobromins = 0,3 g im Harn wiedergefunden werden, diese Menge als 0,1 g N = $^1/_3$ des Theobromins bemerkbar machen.

Diese Menge spielt aber bei einer täglichen Gesamteinnahme von ca. 15,0 Stickstoff, und bei den täglichen Schwankungen der N-Ausfuhr im Urin gar keine Rolle; und besonders dann, wenn noch kleinere Mengen, wie z. B. nur 35 g Kakao, wie in den andern Perioden eingeführt werden, wird die Zahl winzig.

Die Stickstoffzufuhr im Theobromin und seine Verwendung im Organismus wird man demnach praktisch als bedeutungslos beiseite lassen können.

1) Bondzynski und Gottlieb, a. a. O.

2) Rost, a. a. O.

Ich habe deshalb auch bei allen meinen Versuchen ihn weder bei der Einfuhr noch bei der Ausfuhr mit berücksichtigt. Viel wichtiger ist die toxische Wirkung des Theobromins, die weiter unten besprochen werden soll.

Die Fettausscheidung im Kot war gegenüber der Vorperiode erhöht. Sie betrug 12,82 g gegenüber 5,75 g. Sie würde einer Fettausnutzung von 89 % für die Gesamtnahrung bei Zufuhr von 100 g Kakao entsprechen, d. h. mit andern Worten: es müfste das Kakaofett wesentlich — bis zu 67 % — schlechter verwertet werden als das Fett aus Käse und Wurst, denn es sind ja in der II. Periode im Gesamtkot 7,07 g mehr Fett wiedergefunden worden als in der Vorperiode. Die Sache liegt aber etwas anders. Es ist freilich richtig, dafs die Zufuhr von 100 g Kakao den Verlust an nicht ausgenutztem Fett von 7,07 g veranlafst hat, aber das beweist noch nicht, dafs das Kakaoöl an sich schlecht ausgenutzt wird. Wir haben hier ganz dasselbe Phänomen wie bei Stickstoff. Die Mehrausscheidung von Fett hat nicht seinen Grund in einem schlechter ausnutzbaren Fett, sondern in der durch den Kakao veranlafsten wesentlichen Vermehrung des Trockenkotes. Damit war die Möglichkeit der Ausfuhr einer Menge an sich resorbierbaren Fettes gegeben.

Zwischen der Ausnutzung eines Stoffes und dem Verlust desselben im Kot ist eben ein grofser Unterschied. Es kann ein Stoff gut ausnutzbar sein und doch davon viel zur Ausscheidung kommen, sobald durch zu grofse Kotmengen oder zu starke Peristaltik die Stoffe nicht in die Lage kommen, von den Säften aufgenommen werden zu können.

Der Begriff der Ausnutzung allein gibt uns also nicht immer an, wie grofs die Resorbierbarkeit eines Stoffes sein kann — was gewöhnlich mit dem Wort »Ausnutzung« bedeutet werden soll, — sondern nur, wie sie in dem speziellen Falle gewesen ist. Wenn man deshalb von Ausnutzung eines Nahrungsmittels spricht, so ist auch notwendig, stets hinzuzufügen, unter welchen Bedingungen diese Ausnutzung stattfand, ein Punkt, der meines Erachtens nach recht häufig vernachlässigt wird.

Wollte man in unserem Falle ermitteln, wie diese Tatsache beim Kakaofett liegt, so war der Beweis nur durch Versuche mit Kakaoöl allein, d. h. mit einer Nahrung, der nicht das Kakaoöl im Kakao, sondern als ausgeprefstes Öl zugegeben wurde. Ich habe solche Versuche ebenfalls ausgeführt und sie haben gezeigt, dafs das Kakaoöl so gut oder fast genau so gut ausgenutzt wird wie Milchfett. (Siehe II. Teil, XI. Periode.)

Hiernach mufs das Ergebnis für das Kakaoöl so lauten, dafs es nur für sich allein dem Milch- und Schweinefett analog gut ausgenutzt wird, dagegen eingeschlossen in den Zellen des Kakaopulvers, je nach der Menge des eingenommenen Pulvers, mehr oder weniger gut verwertet wird.

Belege für die Richtigkeit dieser Tatsache haben sich auch in andern Perioden des ersten und zweiten Versuches vielfach ergeben.

Eine Berechnung des resorbierbaren Kakaoöls als Anteil der ausgeschiedenen Gesamtfettmenge stöfst auf dieselben Schwierigkeiten, wie oben beim Stickstoff gezeigt wurde. Es ist eben nur der direkte Versuch ausschlaggebend.

Hervorzuheben ist, dafs die grofsen Mengen von Kakao auf die Verdauung, resp. auf die regelmäfsige Funktion des Magendarmtraktus keinen ungünstigen Einflufs ausgeübt haben, weder im Sinne einer Verstopfung noch im Sinne einer Diarrhöe. Der Stuhl war dauernd ohne eine einzige Ausnahme während der ganzen sechswöchentlichen Versuchsperiode von normaler halbfester Konsistenz.

Sehr empfindlich war dagegen die Wirkung des Theobromins. 100,0 des verwendeten Kakaos enthielten 1,5 g Theobromin, die sich auf die Zeit von morgens 7 Uhr bis abends 7 Uhr verteilten und in ziemlich gleichen Abständen im Kakao in vier Portionen genommen wurden. Die Wirkung, die zunächst in geringer Pulsbeschleunigung sich ausdrückte, bei weiteren Gaben (der 3. und 4. am Tage) in Verlangsamung des Pulses umschlug, steigerte sich von Tag zu Tag, so dafs ich am 10. Tage (Ende der III. Periode) durch die fortdauernde akute Vergiftung sehr mitgenommen war. Es gesellten sich dazu

Schweifsausbrüche, Zittern, kalter Schweifs auf der Stirn, auffallende Blässe und pochende Temporal- und Okzipitalschmerzen. Die Symptome zeigten sich nach jeder Einnahme von ca. 25—30 g Kakao von neuem, liefsen aber an Intensität jedesmal nach einer gewissen Zeit wieder nach. Im ganzen wurde aber die Wirkung vom 1. zum 10. Tage intensiver. Erbrechen hatte ich nie. Der Appetit hatte aber kaum gelitten; die zugemessene Ration konnte ich gleichmäfsig gut verarbeiten. Schädliche Folgen habe ich nicht gesehen; es wirkte aber die folgende IV. viertägige Periode ohne Kakao und ohne Theobromin wie eine Erholung. Geringere Mengen bis zu 35 g pro die — über den ganzen Tag verteilt — lösten gar keine Symptome aus. Auffällig bleibt, dafs eine Steigerung der Urinmenge, wie wir sie bei Koffein und besonders bei Theobromin gewöhnt sind, nur in sehr bescheidenem Mafse aufgetreten ist. In der Vorperiode wurden pro Tag 1130 ccm, in der II. Periode 1280 ccm Urin abgegeben. Die Differenz beträgt also nur 150 ccm pro die. Es ist möglich, dafs durch die oben besprochene willkürliche Regulierung der Urintagesmengen das diuretische Bild verwischt worden ist. Möglich ist auch, dafs bei manchen Individuen, in diesem Falle bei mir, das Theobromin eine geringere Wirkung ausübt als bei Koffein, da letzteres bei mir in Mengen von 0,1 g bereits intensiv diuretisch wirkt. Da Rost[1]) es als möglich hinstellt, dafs die Ausscheidung des Theobromins mit dem Eintritt der Diurese und der Stärke derselben oder umgekehrt die Diurese mit der Ausscheidung des Theobromins einhergeht, so ist möglicherweise bei mir das Theobromin in noch geringeren Mengen als zu $^1/_5$ ausgeschieden worden.[2])

III. Periode.

Das Charakteristische der III. Periode besteht darin, dafs die Resultate im allgemeinen ungünstiger geworden sind. Da die Einnahmen dieselben waren wie in der vorhergehenden Periode und nur an Stelle des 34,2 proz. 100 g eines 15,2 proz. Kakaos gegeben wurde, so ist der Ausfall lediglich diesem Faktum

1) Rost, a. a. O.

2) Dreesen, Pflügers Archiv.

zuzuschreiben. Es soll hier noch einmal ausdrücklich darauf aufmerksam gemacht werden, dafs beide Kakaos, der zu 34,2 % und der zu 15,2 %, ein und derselben Provenienz entstammten. Die Unterschiede können also nur auf die Entziehung des Fettes zurückgeführt werden.

Zunächst fällt ins Auge, dafs der abgegebene Kot in seiner Trockensubstanz sich um 29 g pro die vermehrt hat, d. h. er betrug mehr als die dreifache Menge des Kotes der Vorperiode, trotzdem dafs die wasserfreie Nahrung um 12 g gesunken ist.

Mit dieser bedeutenden Steigerung der Kotmenge geht eine ebenso erhöhte Stickstoffausfuhr einher, die die enorme Menge von 7,38 g pro die erreicht; d. s. 48 % der gesamten eingeführten Tagesstickstoffmenge. Wir machen hier also wiederholt und in verstärktem Mafse dieselbe Beobachtung wie in der vorherigen Periode, dafs das Kakaopulver die Kotmengen bedeutend steigert und dadurch dem Körper, wie oben bereits näher auseinandergesetzt ist, Stickstoff entzieht. Der Verlust an Stickstoff in der Nahrung, welcher durch eine Herabsetzung des Fettgehaltes von 34,2 auf 15,2 % bewirkt wird, ist also bei einer täglichen Gabe von 100,0 Kakao nicht unbedeutend. Er beträgt pro Tag 0,61 N = 3,81 Eiweifs oder 4 % mehr als bei einer Einnahme von 100 g 34,2 proz. Kakao, und gegenüber der Vorperiode bedeutet das gar einen Verlust von 30,5 % des eingeführten Stickstoffs.

Wollte man hier berechnen, wie grofs der Anteil an unresorbiertem Stickstoff ist, den die 100 g Kakao geliefert haben, so stofsen wir auf dieselben Schwierigkeiten wie in der vorhergehenden Periode und gelangen zu keinem brauchbaren Ergebnis.

Z. B. Von den in 96 g Tageseiweifs enthaltenen

22,76 Wursteiweifs	wurden unresorbiert ausgeschieden:	0,66 g
1,46 Käseeiweifs		0,09 g
43,40 Broteiweifs		12,23 g
		12,98 g.

Der im Kot ausgeschiedene Gesamttagesstickstoff, auf Eiweifs berechnet, beträgt:

46,12 g; davon subtrahiert den Verlust von
12,98 g, so blieben

33,14 g übrig, welche auf Rechnung des nicht resorbierten Kakaoeiweifses kämen.

In dieser Periode sind aber pro die nur 28,35 g Kakaoeiweifs eingeführt worden, daher können nicht noch gröfsere Mengen vom Kakao stammen. Wir kommen also nur zum Ziele durch direkte Versuche mit Kakao von 15,2 % Fett allein.

Aus der Berechnung ist höchstens zu entnehmen, dafs auch hier der Kakao die Eiweifsresorption der übrigen Nahrungsmittel sehr beeinflufst und zum mindesten selbst schlecht ausgenutzt wird. In welchem Mafse letzteres geschieht, ergeben die in dem zweiten Teil der Arbeit ausgeführten Versuche.

Ähnlich wie in der vorigen Periode tritt uns auch hier ein merkwürdiges Resultat entgegen: Das ist das Sinken der im Harn ausgeschiedenen Stickstoffmenge.

Mufste sich schon bei Einnahme von 100 g 34,2 proz. Kakao der Organismus mit 9,49 g Stickstoff pro die begnügen, so kam derselbe in dieser Periode mit 8,44 g aus, d. i. nur ein wenig mehr als die Hälfte des eingeführten Stickstoffs. Die Bilanz zeigt mit — 0,46 fast das Stickstoffgleichgewicht, und da das Körpergewicht kaum erheblich gesunken ist, so mufs angenommen werden, dafs der Körper tatsächlich mit so geringen Stickstoffmengen haushalten konnte. Eine sichere Erklärung für diese auffallende Tatsache ist nach unseren heutigen Stoffwechselgesetzen schwer zu geben. Nur eins wäre vielleicht denkbar — aber das ist eine reine hypothetische Annahme, die sich vorläufig nicht ohne weiteres beweisen läfst —: Der im Kot ausgeschiedene Stickstoff könnte vorher doch im Organismus, da er als Eiweifs eingeführt wurde, ebenso wie das sog. zirkulierende Eiweifs, abgebaut werden und dem Körper zugute gekommen sein und dann wären die Abbauprodukte nicht im Harn als Harnstoff, sondern zum Teil in den Darm abgeführt worden, wo wir sie — wie wir

zurzeit annehmen — als »unresorbiertes« Eiweifs wiederfinden. Warum sollte es nicht solche Eiweifskörper geben? Wir wissen viel zu wenig über die Verwandlung der eingeführten Eiweifskörper im Organismus, als dafs man die Annahme als direkt unmöglich zurückweisen müfste.

Dann wäre mit einem Schlage erklärt, warum der Organismus in der II. Periode mit 9,49 g und in der III. Periode gar mit 8,44 g Stickstoff hat auf seinem Stickstoffgleichgewicht bleiben können.

Sollte der Kakao derartige Eiweifskörper enthalten, so würde die Beurteilung seines aufnahmefähigen und verwertbaren Eiweifses natürlich eine ganz andere und die Bedeutung des Kakaos, auch des stark entfetteten, als Nahrungsmittel eine weit günstigere werden müssen.

Ein anderer Punkt spricht auch noch für eine solche eventuelle Annahme: Es ist unter anderen Umständen fast nicht denkbar, dafs der Organismus in der II. Periode, wo er plötzlich 4,0 weniger resorbierbaren Stickstoff = 25,0 Eiweifs erhält als in der Vorperiode, sich sofort ins N-Gleichgewicht einstellen sollte. In sonst normalen Fällen nimmt dies mehrere Tage in Anspruch. Auch in der III. Periode, wo der resorbierbare Stickstoff noch weiter sinkt, ist das Gleichgewicht sofort hergestellt.

Und dann: Wenn z. B. in der IV. Periode vom eingeführten Stickstoff nur 2,18 g = ca. 1/5 zu Verlust gehen und der Körper doch von seinem Eiweifs zusetzen mufs, warum tritt derselbe Fall nicht ein, wenn, wie in der IV. Periode, fast die Hälfte des eingeführten Stickstoffs im Kot unbenutzt fortzugehen scheint resp. fortgeht?

Ein Wort bedarf noch die Besprechung der **Fettausnutzung** bei 15,2 % Fett enthaltendem Kakao. Gemäfs des geringen Fettgehaltes des verwendeten Kakaos wurden an Stelle von 115,1 g Fett nur 96,1 g eingeführt. Trotzdem fanden sich aber bei der geringeren Einnahme 13,2 g gegenüber 12,82 g im Kot wieder. Die Ausnutzung war also bei dem stärker entölten Kakao 86,3 %, bei dem schwächer entölten 89 %; d. h. gegenüber der Vorperiode war beim 15,2 proz. Kakao ein Fettverlust von

7 % eingetreten. Der Ausfall hängt, wie schon in voriger Periode besprochen wurde, mit der stark vermehrten Kotmenge aufs engste zusammen.

Nach diesen Ergebnissen unterliegt es keinem Zweifel, dafs der stark entfettete Kakao demjenigen mit höherem Fettgehalt nachsteht und zwar nicht nur wegen der gesteigerten Stickstoffausfuhr, die er veranlafst, sondern auch infolge des vermehrten Fettverlustes. Dabei ist noch nicht in Betracht gezogen, dafs die Theobrominwirkung mehr zur Geltung kommen mufs, weil der Theobromingehalt infolge der vergröfserten Fettabsetzung im Kakaopulver zunimmt.

Vergleicht man die Kalorienzahl, die in der Nahrung beider Perioden dem Körper zugeführt wurde, so beträgt dieselbe in der Periode des stark entfetteten Kakaos 178 weniger. Auch dieser Faktor fällt zu ungunsten der letzteren Periode in die Wagschale.

Allein in diesem Punkte ist es doch geraten, bei der Beurteilung eines Präparates nur nach dem Kalorienwert, vorsichtig zu sein. Die Kalorienzahl gibt ohne Zweifel theoretisch darüber Auskunft, wie viel Brennstoffe dem Organismus in dem einen und in dem andern Falle zugeführt werden, allein wie die Brennstoffe verwertet werden und wieviel Schlacke übrig bleibt, davon sagen sie uns nichts. Ein solches Verfahren kann unter Umständen zu ganz falschen Schlüssen und unsachgemäfser Beurteilung führen.

Führen wir z. B. in der II. Periode 2675 Kal. ein und in der III. Periode mit stark entfettetem Kakao nur 2497, so würde von vornherein anzunehmen sein, dafs die N-Bilanz ohne weiteres eine schlechtere werden müfste. Das trifft aber in unserem Falle gar nicht zu. In der II. Periode beträgt die Bilanz — 0,9, in der III. — 0,46. Sie ist also sogar besser. Und wollte man selbst auf die Bilanz keinen grofsen Wert legen — wie das gelegentlich angebracht ist — so würde man doch wenigstens im Harn eine Mehrausscheidung von Stickstoff erwarten dürfen. Aber auch das ist nicht der Fall.

Die vermehrte Fettausfuhr, die vielleicht als Symptom einer verminderten Kalorieneinfuhr angesehen werden könnte, beruht aber auf ganz anderer Basis. Sie wird herbeigeführt durch eine vermehrte Kotabscheidung, nicht aber durch zu wenig eingeführte Kalorien.

Wir sehen also, dafs hier beim Kakao und in ähnlichen Fällen zur Bewertung eines als Nahrungsmittel gepriesenen Stoffes das Verhalten des Stickstoffes im Kot und Harn und auch die Kenntnis des Fettstoffwechsels dazu gehört, nicht nur die Kenntnis der eingeführten Kalorien.

Dafs natürlich eine erhebliche Verminderung der Kalorieneinfuhr in den meisten Fällen auch eine wesentliche Senkung der Bilanz hervorrufen und von vornherein vorausgesagt werden kann, steht — wie uns die IV. Periode sehr charakteristisch zeigen wird — ganz aufser Frage.

IV. Periode.

Wenn trotz aller mangelhaften Ausnutzung des Stickstoffs und des Fettes der Kakao doch auch als Nahrungsmittel gelten wollte, so mufste in der IV. Periode, in der nur der Kakao aus der Nahrung gestrichen war, dieselbe sonst aber genau die Zusammensetzung behielt wie die III. Periode, eine gröfsere Minusbilanz eintreten.

Die eingeführte Kalorienmenge betrug nur — infolge der fehlenden 100,0 Kakao von 15,2 % Fett — 2237 Kal., also 260 weniger als die vorhergehende Periode, ebenso sank das eingeführte Eiweifs von 15,36 g auf 10,83 g, die Fettmenge von 96,1 g auf 80,9 g. Es war daher nicht zu verwundern, dafs die Stickstoffbilanz auf — 2,27 herabsank.

Deutlich tritt hier noch einmal in die Erscheinung, wie wenig Stickstoff in der vorherigen Periode im Harn gefunden worden war und der Organismus damit hausgehalten hatte. Obwohl in der neuen Periode nur 10,83 g N eingeführt wurden, wurden doch auch 10,92 im Harn wiedergefunden, und da aufserdem im Kot 2,18 zu Verlust gegangen sind, so mufste der Körper von seinem Eiweifsstickstoff zusetzen.

Einer Aufklärung bedarf nur die gegenüber der Vorperiode ziemlich erhebliche Stickstoffmenge im Kot. In der Vorperiode wurden 15,37 Stickstoff eingeführt, in der IV. Periode nur 10,83, also ca. $^1/_3$ weniger. Man hätte deshalb wohl auch im Kot weniger Stickstoff erwarten sollen. Die Erklärung ist aber darin zu finden, dafs durch Weglassung von 140 g Käse, der nur sehr wenig Kot bildet, die Mengen des mehr Kot bildenden Brotes und der Wurst relativ vermehrt wurden, wodurch der Stickstoff im Kot einen Zuwachs erfuhr.

Im übrigen ist die Menge des Trockenkotes wieder auf das normale Mafs gegenüber der vorherigen Periode zurückgegangen, da 100 g Kakao und 20 g Käse aus der Nahrung fortfielen.

Die Fettausnutzung ist ebensogut wie in der Vorperiode und beträgt 95,7%.

Durch die Ergebnisse dieser Periode wird der Beweis erbracht, dafs 100,0 Kakao imstande waren, den erlitttenen N-Verlust von 2,27 g bis auf 0,46 g zu heben. Der Kakao ist also imstande, mit seinem Stickstoff einen Teil des Stickstoffs anderer Nahrungsmittel zu ersetzen.

V. und VI. Periode.

Beide Perioden sind Parallelversuche zu den Perioden II und III. Sie sollten ermitteln, wie die Verwertung des Kakaos bei gemischter Nahrung und bei »normalen« Gaben im Organismus ist. Als normale Tagesration möchte ich ca. 35 g ansehen, die man ohne Unbehagen in 5—7 Tassen Kakao nehmen kann. Für gewöhnlich wird die Menge allerdings noch geringer sein. Der Kakao entstammte derselben Provenienz wie in der II. und III. Periode und an Eiweifs, Fett und Kohlehydraten wurde dasselbe gereicht wie dort. In der V. Periode kam der Kakao mit 34,2% Fett, in der VI. Periode derjenige mit 15,2% Fett zur Verwendung. Die Kalorienmenge betrug im ersten Falle 2671, beim stark entfetteten 2594.

Analog der II. und III. Periode zeigt sich der Trockenkot gegenüber der Vorperiode erhöht und zwar sind ausgeschieden 60 g resp. 65,2 g gegenüber 43 g in der Vorperiode. Allerdings

wird die Höhe von 103 resp. 132 g wie in der II. und III. Periode nicht erreicht, da ja auch nur ca. $^1/_8$ der dort gereichten Kakaomenge gegeben wurde.

Mit dieser Erhöhung des Trockenkotes geht ebenfalls wie in der II. und III. Periode eine Vermehrung des Kotstickstoffs einher, welche mit 3,81 g resp. 4,1 g zwar die Höhe von 6,77 g resp. 7,38 g in der II. und III. Periode nicht erreicht, aber doch gegenüber der Vorperiode (2,7 g) um 1,11 g resp. 1,4 g gewachsen ist.

Im Harn treffen wir wieder — und das ist sehr interessant — genau wie in der II. und III. Periode, nur in geringerem Mafsstabe, eine verminderte Ausscheidung an Stickstoff. Die Mengen betragen 11,2 g resp. 10,65 g gegenüber 12,35 g in der Vorperiode. Auch hier geht mit der Steigerung des Kotstickstoffs eine Verminderung des Harnstickstoffs einher.

Nahrung	Vorperiode	Kot	Kot-stickstoff	Harn-stickstoff	N-Ausnutzung	Fett-Ausnutzung
					%	%
		43	2,7	12,35	82,5	95
Wurst, Käse, Brot	100,0 Kakao mit 34,2 % Fett	103	6,77	9,49	56,0	89
» » »	100,0 » » 15,2 » »	132	7,38	8,44	52,0	86,3
» » »	35,0 » » 34,2 » »	60	3,81	11,20	75,2	93,9
» » »	35,0 » » 15,2 » »	65,2	4,10	10,65	73,4	92,45
Käse, Brot	100,0 » » 34,2 » »	86	5,67	10,31	63.2	89,6

Dieser sehr gut zum Ausdruck gekommene Parallelismus beweist, dafs die Resultate der II. und III. Periode kein Zufall waren, und dafs der Organismus, sowohl bei Einnahme grofser als auch kleiner Mengen, sehr exakt funktioniert hat.

Die Bilanz zeigt Stickstoffgleichgewicht. Die relativ kleinen Mengen haben keine wesentliche Störung des Stickstoffumsatzes herbeigeführt. Hervozuheben ist, dafs auch hier der Organismus mit 11,2 g resp. 10,65 g N, also mit weniger als in der Vorperiode, ausgekommen ist.

Die Ausnutzung der Gesamtnahrung bei Kakaodosen von 35 g beträgt 75,2% resp. 73,4%, ist also

geringer wie in der Vorperiode ohne Kakao, aber besser wie in der II. und III. Periode bei 100 g Kakao, wo dieselbe nur 89% resp. 86,3% betrug.

Hieraus geht genügend klar hervor, dafs es unrichtig ist, zu sagen: »Der und der Kakao ist so und so ausnutzbar«, sondern es kommt darauf an, in welcher Menge, mit welchem Fettgehalt, ob er mit oder ohne andere Nahrungsmittel und mit was für Nahrungsmitteln er genossen wird.

Die Ausnutzungszahlen von 56, 52, 75,2, 73,4% und 63,2%, welche alle mit ein und demselben Kakao erhalten sind, geben den besten Beweis dafür ab.

Der Fettverlust ist infolge der geringer eingeführten Kakaomenge und der geringeren Kotmenge auch nicht so hoch wie in der II. und III. Periode, aber doch gröfser als in der Vorperiode. Die Zahlen betragen 7,2 g resp. 8,08 g gegenüber der II. und III. Periode mit 12,82 g resp. 13,2 g und der Vorperiode mit 5,75 g. Es entspricht dies einer Fettausnutzung von 93,9% resp. 92,45%.

Das wichtige Ergebnis dieser beiden Perioden dürfte darin liegen, dafs in der VI. Periode, in der 35 g Kakao mit 15,2% Fett gegeben wurden, genau wie in der III. Periode, in welcher ich 100 g desselben Kakaos nahm, die Zahlen zuungunsten des stark entfetteten Kakaos gefunden wurden.

Wir sehen, dafs bei Einnahme grofser Mengen Kakaos die Unterschiede gegenüber der Vorperiode sehr bedeutend sind; bei 35 g Einnahme werden sie erheblich geringer und bei 1—2 Tassen Kakao fallen sie praktisch nicht sonderlich in die Wagschale.

Nichtsdestoweniger kann ein Kakao, dem das Fett bis 15% oder noch mehr entzogen wurde, physiologisch-hygienisch nicht gutgeheifsen werden, da ein höherer Gehalt an Fett dem Körper mehr zu leisten imstande ist. Ein technisch höchst möglicher Fettgehalt — so weit es die Fabrikation eines haltbaren Pulvers zuläfst — etwa 30%, wäre demnach in allen Kakaosorten zu begrüfsen,

weil bei Einnahme eines hochprozentig fetthaltigen Kakaos der Kot geringere Stickstoffmengen unbenutzt ausführt als bei Einnahme von fettärmeren Sorten. Zweitens ist das Fett ein hervorragender Kalorienträger und die Theobrominwirkung tritt weniger hervor. Die Unbekömmlichkeit fettreicher Kakaos scheint in vielen Fällen recht hypothetischer Natur zu sein[1]), so dafs sie gar nicht in die Wagschale bei der Wahl des Kakaos fällt.

VII. Periode.

Der noch eben zulässige Schalengehalt von 3,7% bei einem Fettgehalt von 16,8% beeinflufst das Bild der Ausscheidungen nicht wesentlich. Durch die Schalen, auch wenn sie äufserst fein pulverisiert sind, wird die Zellulose vermehrt und die kotbildenden Substanzen etwas gesteigert. Infolgedessen finden wir bei dem verwendeten Kakao geringere Sorte aus Bahia an Stelle von 65 g Trockenkot 71 g. Die ausgeschiedene Stickstoffmenge im Kot beträgt auch ein wenig mehr: 4,46 g gegenüber 4,1 g. Die Assimilation des resorbierten Eiweifses ist dem vorherigen Kakaoeiweifs gleich, ebenso hat die Fettverwertung eine Einbufse nicht erlitten.

Wenn auch die Differenzen gegenüber einem andern 16% Fett enthaltenden Kakao nicht grofs sind und praktisch nicht viel Bedeutung haben, so ist diesem Kakao der »schalenfreie« unter allen Umständen vorzuziehen.

VIII. Periode.

Die ganze VIII. Periode ist eigentlich eine Wiederholung der II. Periode, nur mit dem Unterschied, dafs das ganze Fleisch- resp. Wursteiweifs durch Milch- resp. Käseeiweifs ersetzt wurde.

Dabei sehen wir manche unerwartete und interessante Veränderung in den Resultaten auftreten. Zunächst ist die Menge des Trockenkotes mit 86 g gegenüber der II. Periode mit 103 g gesunken. In analoger Weise sank dadurch auch die Stickstoffmenge im Kot mit 5,67 g gegenüber 6,77 g, wogegen die im Urin ausgeschiedene Stickstoffmenge anstieg. Sie betrug in der II. Periode 9,49 g, in der VIII. Periode 10,31 g.

---

1) Siehe II. Teil.

Diese Zahlen bedeuten eine Verbesserung der Ausnutzung der Gesamtnahrung, die sich von 56% auf 63,2% steigerte, und diese Verbesserung ist nur zurückzuführen auf den an Stelle der Wurst genossenen Käse, dessen Milcheiweifs eine sehr wenig kotbildende und leicht resorbierbare Substanz bildet. Dabei ist jedoch zu bemerken, dafs das resorbierte Milch- resp. Käseeiweifs nicht ebensogut wie Fleischeiweifs assimiliert[1]) wird, und so sehen wir daher auch, im Gegensatz zur II. Periode an Stelle von 9,49 g Stickstoff im Harn 10,31 g auftreten, ein Faktum, welches seinerseits die Minusbilanz von — 0,61 veranlafst hat.

Zieht man aus diesen Erwägungen einen praktischen Schlufs, so würde er dahin gehen, den Kakao in Verbindung mit viel Milcheiweifs zu reichen, weil dabei die Gesamtnahrung um einige Prozente besser ausgenutzt wird. Da aber bei Milchnahrung die Ausnutzung des Eiweifses zwar besser ist, aber die Ausfuhr im Harn vergröfsert wird, so würde mit dieser Empfehlung nicht viel gewonnen sein.

Jedenfalls ist mit der Ermittelung der Verbesserung der Gesamtausnutzbarkeit der Nahrung keinesfalls der Beweis geliefert, dafs der Kakao dies bewirkt habe. In diesem Falle hat er jedenfalls nur eine sehr passive Rolle gespielt, da die Verbesserung auf Kosten der Veränderung des Nahrungsregimes gegangen ist.

Man könnte vielleicht höchstens sagen, die Nahrungsveränderung habe die Ausnutzung des Kakaos verbessert, aber auch das ist nicht bewiesen, sondern es ist nur bewiesen, dafs durch die Nahrungsveränderung eine Verbesserung der Gesamtausnutzbarkeit eingetreten ist. Über den Anteil des Kakaos läfst sich, wie oben ausgeführt wurde, bei gemischter Kost durch Berechnung kein sicherer Anhaltspunkt geben.

Ich finde daher keine rechte Erklärung für die Angaben von Forster[2]), welcher aus seinen Befunden schlofs, dafs der Kakao nicht nur nicht selbst sehr gut verdaut würde, sondern auch die Verdauung der Milch und des Gebäckes verbessert hätte, Richtig

1) Siehe die Ausführungen in der II. Periode und weiter oben.

2) Forster, Hygien. Rundschau, 1890.

ist, wie wir aus den obigen Versuchen sehen, daſs die Milchnahrung die Kotmenge und mit ihr die ausgeschiedene Stickstoffmenge im Kot sinkt, die Ausnutzung gegenüber einer Fleischnahrung und Kakao zunächst verbessert ist, daſs aber die Verbesserung zum Teil wieder illusorisch wird, wenn im Harn dabei mehr Stickstoff zur Ausscheidung gelangt. Da in den Forsterschen Versuchen Stickstoffuntersuchungen im Harn unterblieben zu sein scheinen — wenigstens konnte ich keine Angaben darüber finden — so wissen wir auch nicht, wie sich die Resultate dann gestaltet haben würden. Eine »Verbesserung der Verdauung« und sei es auch nur der Milchverdauung durch Kakao, welcher bei Einnahme von 60 g doch so erhebliche Kotmengen bildet, wodurch wiederum sehr viel Stickstoff unbenutzt fortgeht, kann mit meinen Versuchen demnach nicht wohl in Einklang gebracht werden.

Es wird sich nicht umgehen lassen und ist für manche wichtige Ermittelungen durchaus notwendig, daſs man in solchen Fällen, wo man auch nur die »Ausnutzung« einer Substanz ermitteln will, sich nicht nur auf den Kotstickstoff beschränkt, sondern den Gesamtstickstoffumsatz im Kot und im Harn berücksichtigt, weil man erst dann ein klares Bild über die Verwertung des Eiweiſses in der untersuchten Substanz erhält.

Die Fettausnutzung war besser wie in der II. Periode. Sie betrug dort 89%, hier 91,8%. Die Verbesseruug ist einmal darauf zurückzuführen, daſs weniger Kot gebildet worden ist und dadurch das Fett besser zur Ausnutzung kam, und daſs anderseits auch das Fett des Käses sehr gut und leicht resorbierbar ist, leichter als das in den Wurstküchen eingeschlossene Schweinefett.

Die Verwertbarkeit des Kakaoöls dürfte in beiden Versuchen dieselbe gewesen sein.

IX. Periode (Schluſsperiode).

Die Endperiode erbrachte den Beweis, daſs die Funktionen des Organismus noch völlig intakt waren. Die Zahlen stimmen

mit denen der Vorperiode recht gut überein. Die Einnahmen waren in beiden Fällen dieselben:

	Kot lufttrock.	N i. Kot	N im Harn	Bilanz	N-Ausnutzung	Fett-Ausnutzung
Vorperiode:	43	2,7	12,35	+ 0,42	82,5	95,0
Nachperiode:	44	2,77	12,15	+ 0,45	20,0	95,1

Das Körpergewicht ist im Laufe des sechswöchentlichen Versuches um 800 g gesunken, eine Beobachtung, die nichts zu sagen hat. Es braucht diese Gewichtsverminderung nicht dem Kakao zugeschrieben werden. Bei so langen, doch recht eintönigen und angreifenden Versuchen ist es sehr naheliegend, dafs trotz dem Stickstoffgleichgewicht das Körpergewicht etwas sinkt.

Vergleich meiner Resultate mit denen früherer Untersucher.

Um einen besseren Überblick zu gewähren, seien die Resultate der Stickstoff- und Fettausnutzung bei Kakaogenufs (in Prozenten der Ausnutzbarkeit berechnet) der mir in der Literatur zugänglichen Arbeiten und Versuche übersichtlich zusammengestellt.

Durch künstliche Verdauungsversuche ermittelte Werte.

Nach Cohn	durch	Pankreassaft . . .	51,45%	verdaulich.	Eiweifs
»	»	» Magen-Pankreassaft	52,64%	»	»
»	Stutzer »	Verdauungsvers. ca.	60%	»	»
»	Forster »	»künstlich verdaut«	60—62%	»	»

Am Menschen ermittelte Werte:

				Fett-ausnutzg.
Nach	Forster	80%		
»	»	83,9% bei 20 g Kakao		
»	»	77,4 » » 60 g »		
»	»	93,2 » » 20 g » + Milch		
»	»	92,4 » » 60 g » + »		
»	Schlesinger	84,2% bei 60 g		97,2 %
»	Bedies	84,35% Helioskakao	50 g + gemischte Nahrung	97,7 »
»	»	83,7 » v. Houtens Kakao		97,4 »
»	»	83,86 » Economiakakao		97,4 »
»	»	85,57 » Haferkakao		96,9 »
»	»	84,27 » Halb u. Halbkakao		97,1 »

				Fettausnutzg.
Nach Beddies	55,3 bei Sanitas-Kakao		150 g allein	94,3 %
» »	54,1 » v. Houtens Kakao			93,9 »
» Lebbin	41,1 » I. Sorte		188—304 g + Zucker	96,13 »
» »	45,1 » II. »			97,22 »
» »	41,58 » III. Sorte			96,83 »
» Weigmann	41,5 » 195 g + Bier oder Wein			94,5 »
» Cohn	53,7 » 100—130 + gemischte Nahrung.			

Hierbei mufs aber darauf aufmerksam gemacht werden, dafs sich die angegebenen Ausnutzungswerte bei diesen Versuchen bald auf die Gesamtnahrung sich beziehen, bald auf Kakao allein.

Man hat bei all den Versuchen, in denen Kakao mit einer gemischten Nahrung gegeben wurde, übersehen, dafs die gefundenen Werte eben nur für die Nahrung + Kakao Geltung haben können, nicht aber für den Kakao allein. Eine einzige Ausnahme machen die Versuche von Cohn, welcher den Anteil der Ausnutzung, welche auf den Kakao fällt, berechnet hat. Da die Berechnung der Kakaoausnutzung aus den für gemischte Nahrung + Kakao, wie wir in vielen Fällen sehen, aber gar nicht sicher zu führen ist, so können auch solche Zahlen nicht absolute Zuverlässigkeit beanspruchen.

Am einwandfreiesten werden — wenn man von der Ausnutzung des Kakaos spricht — immer die Versuche und Resultate sein, in denen nur Kakao allein verwandt wurde. Im andern Falle darf man nur von der Ausnutzung der Gesamtnahrung sprechen. Daraus folgt, dafs man auch Versuche, die man unter verschiedenen Bedingungen ausgeführt hat, nicht ohne weiteres miteinander vergleichen und ein Durchschnittsmittel nicht ziehen kann. Die Resultate, die z. B. Beddies bei Einfuhr von Kakao allein erhielt, kann man eben nicht in Vergleich setzen mit denen, die er bei Einfuhr von Kakao + gemischte Nahrung erhielt. Die ersteren sind ungünstiger, die anderen besser. Dieser Versuch bewiese allein schon, wie wichtig es ist, die Bedingungen, unter denen die Resultate gewonnen sind, stets sehr genau in Rechnung zu ziehen. Sehen wir nun

von den durch künstliche Verdauung gefundenen Zahlen ab, so zeigen die Forsterschen Versuche bei gemischter Nahrung die besten Resultate — ca. 92% N-Ausnutzung der Gesamtnahrung. Bei Beddies sind die Zahlen der Gesamtausnutzung bei gemischter Nahrung schon ca. 10% geringer, und gar bei Cohn betragen sie nur 53,7%. Sie zeigen also ganz aufserordentlich grofse Differenzen.

Zieht man die Zahlen in Betracht, die sich beim Kakaogenufs allein ergeben, so fallen auch hier die grofsen Unterschiede in die Augen.

Bei Forster betrug die Ausnutzung des Kakaos ca. 80%, ebenso bei Schlesinger 84,2%. Beddies fand ca. 54%, Lebbin ca. 43% und Weigmann 41% verdauliches Eiweifs. Daraus läfst sich entnehmen, dafs dort, wo Kakao gegeben wurde, überall schlechtere Werte erzielt wurden als bei gemischter Kost + Kakao, und aufserdem ist noch zu konstatieren, dafs bei Einnahme von gröfseren Mengen Kakao die erhaltenen Zahlen ungünstiger werden.

Die Werte der Fettextraktion blieben im ganzen dieselben, ob Kakao allein oder Kakao + gemischter Nahrung gereicht worden ist. Die Fettausnutzung beträgt ca. 95%.

Hierzu stellen sich die Resultate meiner Versuche in bezug auf das Eiweifs in diesem Teil der Arbeit folgendermafsen:

56 %	Ausnutzung	bei	100 g	Kakao	mit	34,2 %	Fett	+	gem. Nahrg.
52 »	»	»	100 g	»	»	15,2 »	»	+	» »
75,2 »	»	»	35 g	»	»	34,2 »	»	+	» »
73,2 »	»	»	35 g	»	»	15,2 »	»	+	» »
71 »	»	»	35 g	»	»	16,8 »	»	+	» »
63 »	»	»	100 g	»	»	34,2 »	»	+	» »

Das Eiweifs der gemischten Nahrung allein wurde zu ca. 82% ausgenutzt.

Die Fettausnutzung betrug:

89 %	bei	100 g	Kakao	mit	34,2 %	Fett	+	gemischte Nahrg.
86 »	»	100 g	»	»	15,2 »	»	+	» »
93,9 %	»	35 g	»	»	34,2 »	»	+	» »

92,45 % bei 35 g Kakao mit 15,2 % Fett + gemischte Nahrung
92,7 » » 35 g » » 16,8 » » + » »
91,8 » » 100 g » » 34,2 » » + » »

Das Fett der gemischten Nahrung allein wurde zu ca. 95 % ausgenutzt.

Demgemäfs trifft auch bei meinen Versuchen zu, dafs nach Einnahme gröfserer Mengen Kakao + gemischter Nahrung die Ausnutzungszahlen ungünstiger sind, als wenn ich niedrigere Mengen verabreichte. Allein meine Werte lassen sich nur zum Teil mit den oben zusammengestellten vergleichen, weil wir bei den allermeisten obigen Versuchen gar nicht wissen, wieviel Prozent Fett die benutzten Kakaosorten enthielten. Und gerade dieses Faktum ist ja von Bedeutung.

Vermutlich haben die andern Autoren, da ihre Versuche weiter zurückliegen, Kakaosorten benutzt, die ca. 25—30 % Fett enthielten. Für diesen Fall könnten allenfalls meine Resultate — bei ca. 100 g Kakaoeinnahme + gemischter Nahrung — sich mit denen, die Cohn fand, decken, d. h. das Eiweifs wurde in der Gesamtnahrung zu ca. 53—63 % ausgenutztu. Vielleicht liefsen sich noch die von Beddies erzielten Werte bei 50 g Kakao + gemischter Nahrung mit ca. 83 % Ausnutzung mit den meinigen in Parallele setzen, bei denen sich ca. 75 % Ausnutzung ergaben.

Jedoch alle diese Vergleichsversuche hinken, da die Bedingungen zu verschieden waren, unter denen die Versuche angestellt wurden. Am meisten dürften noch jene Experimente zu einem rationellen Vergleich geeignet sein, die mit reinem Kakao angestellt sind. Dieselben sollen im II. Teil der Arbeit berührt werden.

In betreff der Fettausnutzung sind die Unterschiede im allgemeinen nicht bedeutend. Die Schwankungen betragen sowohl für gemischte Nahrung + Kakao, als auch für Kakao allein, bei meinen Versuchen 89—93 %, die bei den andern Untersuchern 93—97 %. Die Differenzen sind ebenfalls auf die eingenommene Menge und die verwendete Sorte Kakao zurückzuführen. Unter allen Umständen ist aber daraus abzuleiten, dafs

das Fett des Kakaos recht gut ausgenutzt wird, jedenfalls bedeutend besser als das Eiweifs. Bei allen solchen Untersuchungen ist aber ein Punkt von grofser Bedeutung: das ist der Organismus der Untersucher. Die physiologischen und Verdauungsfunktionen eines jeden sind immer wieder verschieden, und so kommt es, dafs die Resultate doch, trotz gleichmäfsiger Einnahmen, anders werden. Man wird deshalb ein richtiges Bild von der Verwertung des Kakaos eben nur bekommen können, wenn an ein und derselben Person die verschiedenen Variationen der Versuchsanordnung und die verschiedenen Bedingungen der Kakaoeinnahme studiert werden können.

Schlufs.

Wenn ich am Ende meiner Ausführungen die Ergebnisse dieser ersten Versuche kurz zusammenfasse, so sollen hier nur einige markante Punkte hervorgehoben werden, während der Gesamtüberblick über alle 86 Stoffwechseltage am Schlufs des II. Teiles gegeben werden wird.

1. Bei der Beurteilung der Resorption des Kakaos spielt zunächst eine bedeutende, vielleicht die gröfste Rolle, ob der Kakao allein oder im Verein mit anderen Stoffen genossen wird.

Bei alleiniger Zufuhr von Kakao erreicht die Ausnutzbarkeit das Minimum. In gemischter Nahrung sind die Resultate günstiger.

Genaue Zahlen über den resorbierten Anteil des Kakaos lassen sich nur angeben, wenn man den Kakao allein geniefst. Bei gemischter Nahrung ist diese Angabe jedoch unsicher, z. T. auch ganz unmöglich.

Es läfst sich nur sagen, dafs die Ausnutzung der Nahrung mit Kakao im Gegensatz zur Nahrung ohne Kakao um so und so viel Prozente verbessert oder verschlechtert wird. Und hier liegt die Sache so, dafs der Kakao die Gesamtausnutzbarkeit der Nahrung herabsetzt.

Während die Nahrung allein in bezug auf ihren Stickstoffgehalt zu 82,5% ausgenutzt wurde, sinkt dieser Wert bei Ein-

nahme von 100,0 Kakao auf 56 %. Der grofse Verlust wird verursacht durch die bedeutende Kotbildung, die der Kakao veranlafst, wodurch andrerseits eine vermehrte Menge unverbrauchten Stickstoffs ausgeführt wird.

2. Einen weiteren Einflufs auf die Ausnutzbarkeit übt die Menge des genossenen Kakaos aus. Je gröfser die Zufuhr von Kakao, desto geringer ist seine Ausnutzung resp. die Ausnutzung der Gesamtnahrung.

Während die Nahrung + 100 g Kakao zu 56 % ausgenutzt wurde, betrug der Wert bei einer Nahrung + 35 g Kakao 75 %.

3. Auch die verschieden zusammengesetzte Nahrung, bei welcher der Kakao genossen wird, spielt bei der Beurteilung der Ausnutzung desselben eine Rolle. So beträgt die Ausnutzung des Stickstoffs bei einer Nahrung aus Fleisch (resp. Wurst), Brot und Käse (resp. Milch) 56 %, während bei einer Kost, die nur aus Käse (resp. Milch) und Brot besteht, die Werte 63,2 % betragen.

Da hier die Differenz ihren Grund in der verschiedenen Resorbierbarkeit des Fleisch- und Milcheiweifses hat, so ist es eine fälschliche Annahme zu glauben, dafs der Kakao die Ausnutzung der Nahrung verbessert habe oder selbst durch die Milch besser ausgenutzt worden sei.

4. Ein besonderes Interesse beansprucht die Frage, ob ein Kakao mit höherem Fettgehalt im Organismus besser verwertet würde als ein solcher mit niederem Fettgehalt.

Die Resultate erweisen, dafs ein Kakao, dem das Fett bis auf ca. 15 % abgeprefst ist, die Nahrung so beeinflufst, dafs 3—4 % weniger Stickstoff resorbiert werden.

Die Ursache ist die bedeutende Erhöhung des Kotes, die ihrerseits eine vermehrte Stickstoffausscheidung nach sich zieht.

Die Ausscheidung betrug bei:

100 g	Kakao	mit	34,2 %	Fett	44 %	Stickstoff	103	Trockenkot
100 »	»	»	15,2 %	»	48 %	»	132	»
35 »	»	»	34,2 %	»	24,8 %	»	60,0	»
35 »	»	»	15,2 %	»	26,6 %	»	65,2	»

5. Trotz aller Einschränkungen ist das Kakaoeiweifs imstande, einen Teil des Nahrungseiweifses zu ersetzen.

Die Stickstoffbilanz, die bei vollwertiger Nahrung + Kakao sich fast auf dem Gleichgewicht hält, sinkt bei Fortfall des Kakaos auf — 2,27 (3. Periode). Es waren also 100 g Kakao imstande, den Ausfall um — 2,27 g Stickstoff auszugleichen.

Man kann also dem Kakao das Prädikat »Nahrungsmittel« nicht absprechen, wenn er auch nicht als vollwertiges angesehen zu werden verdient.

6. Ein »schalenreicher« Kakao vermehrt den Trockenkot und veranlafst ebenfalls einen geringen Mehrverlust an Stickstoff.

35,0 »schalenfreier«	Kakao ergab	4,1 g	Stickstoffverlust	65,2 Trockenkot
35,0 »schalenreicher«	» »	4,6 g	»	71,0 »

7. Die Assimilation des einmal resorbierten Eiweifses steht der der übrigen Eiweifsstoffe nicht nach. Es ist sogar eine sehr bemerkenswerte Tatsache, dafs in den Perioden, in denen im Kot sehr viel Stickstoff unbenutzt weggeführt wird, die übrig bleibenden geringen Mengen vom eingeführten Stickstoff genügen, um das Stickstoffgleichgewicht zu halten.

8. Die Ausnutzung des Fettes läfst im allgemeinen nichts zu wünschen übrig. In der gemischten Nahrung ist sie davon abhängig, ob gröfsere oder geringere Mengen Kakao gegeben werden.

Bei 100 g Kakao ca. 34,2% Fett betrug sie 89,0%
» 35 » » » 34,2% » » » 93,9%
In der Nahrung ohne Kakao » » 95,0%.

Die Differenz ist wie bei der Stickstoffausnutzung auf die vermehrte Kotabscheidung zurückzuführen.

Weiterhin ist wichtig, dafs die Fettausnutzung bei Einführung eines stark entfetteten Kakaos zur Nahrung geringer ist als die bei Zufuhr eines fettreicheren.

Bei 100 g Kakao ca. 15,2% Fett betrug sie 86,30%
» 35 » » » 15,2% » » » 92,45%

also ca. 3% weniger als bei 34,2% Fett enthaltendem Kakao.

9. Der Gehalt an Theobromin veranlafst bei grofsen Gaben vorübergehende Störungen des Allgemeinbefindens. Dagegen in den täglichen, als normal anzusehenden Mengen von 20—30 g Kakao erzeugt er eine angenehm anregende Wirkung.

10. Bei den in diesen Versuchen eingehaltenen Versuchsbedingungen konnte eine diuretische Wirkung nur in äufserst bescheidenem Mafse beobachtet werden.

11. Verdauungsstörungen wurden nie beobachtet, weder Verstopfung noch Diarrhöe.

Die Bewertung des Kakaos als Nahrungs- und Genufsmittel.

Experimentelle Versuche am Menschen.

Von

Dr. med. et phil. **R. O. Neumann,**
Privatdozent an der Universität.

(Aus dem Hygienischen Institut der Universität Heidelberg. Direktor: Geh. Rat Prof. Dr. Knauff.)

II. Teil.

Versuche mit verschiedenen Kakaohandelssorten.

(Mit Tafel II und III.)

Einleitung.

Nachdem durch die Versuche im ersten Teil der Arbeit gezeigt worden ist, wie der Kakao im Organismus verarbeitet und verwertet wird, lag es nahe, das, was sich bei einer bestimmten Kakaosorte mit höherem oder niederem Fettgehalt ergeben hatte, auch bei anderen Präparaten zu prüfen.

Einmal interessierte es mich, eine Reihe bekannter Handelssorten, die in ihrer chemischen Zusammensetzung, wenn auch nicht erheblich so doch verschieden waren, kennen zu lernen, ob sie:

1. auch im Stoffwechsel sich verschieden verhielten; und dann lag es mir daran, festzustellen
2. inwieweit die im ersten Versuche experimentell bewiesene Tatsache von der geringeren Wertigkeit eines stark entfetteten Kakaos auch bei den im Handel befindlichen höchst entölten Präparaten zutreffen würde. Endlich wollte ich

3. bei den in Frage kommenden Handelssorten über den Geschmack, das Aroma und die Suspensionsfähigkeit ein eigenes Urteil gewinnen und die »Bekömmlichkeit« für den Organismus feststellen.

Bei dieser Sachlage war es notwendig, mich mit jedem einzelnen Präparat ebenso eingehend zu befassen wie in dem ersten Versuch, da es nicht anging, ohne weiteres von dem einen auf das andere zu schliefsen. Zwar wird man immer bei ähnlich zusammengesetzten Kakaosorten, besonders in bezug auf den Fettgehalt, auch auf ihre ähnliche Verwertung im Organismus schliefsen können, allein ein sicherer Beweis ist erst durch Vergleichsversuche an ein und derselben Person zu erbringen.

Auch durch Berechnung der Kalorien, wie es z. B. von Hüppe[1]) und Iuckenack[2]) versucht worden ist, zu einer

1) Hüppe hat in der Annahme von

1 g Eiweifs	= 3,4	Kalorien
1 » Fett	= 8,5	»
1 » Stärke	= 4	»

bei 2 verschiedenen Kakaos folgende Berechnung zusammengestellt:

16 %	Eiweifs	= 54,4	Kalorien
30 »	Fett	= 255,0	»
10 »	Stärke	= 40,0	»
2,5 »	Pentosane	= 7,5	»
		356,9	Kalorien

dagegen bei

20 %	Eiweifs	= 68	Kalorien
15 »	Fett	= 127,5	»
12 »	Stärke	= 48,0	»
3,5 »	Pentosane	= 10,5	»
		254,0	Kalorien

und er zieht hieraus den Schlufs, dafs der Nährwert des übermäfsig entfetteten Kakaos gegenüber den mäfsig entölten Präparaten ganz bedeutend abgenommen habe im Verhältnis von 357 : 254.

2) Zu ähnlichen Überlegungen gelangte Iuckenack unter Zugrundelegung der Rubnerschen Zahlen von

1 g Eiweifs	= 4,1	Kalorien
1 » Fett	= 9,3	»
1 » Kohlehydrate	= 4,1	»

bei zwei seiner 30 untersuchten Kakaosorten mit 30,86 und 13,26 % Fettgehalt.

30,86 %	Fett	= 287,1	Kalorien
21,58 »	Eiweifs	= 88,5	»
48,2 »	Kohlehydr.	= 49,4	»
		425	Kalorien

13,26 %	Fett	= 123,3	Kalorien
23,95 »	Eiweifs	= 98,2	»
14,54 »	Kohlehydr.	= 59,6	»
		281,1	Kalorien.

Er schliefst ebenfalls, dafs der Nährwert um mehr als 25 % herabgesetzt worden ist.

sicheren Beurteilung über den Nährwert der verschieden fettreichen Kakaos zu gelangen, erreicht man nicht, was man eigentlich wünscht. Alle die Zahlen können nur orientierend wirken und sind so lange ein guter Notbehelf gewesen, so lange keine Menschenversuche vorlagen; aber einen zwingenden Beweis konnte man damit nicht führen. Die Kalorien sind nur dann ein Maßstab für den Nährwert einer Substanz, wenn man vorher weiß, ob der betreffende Körper vollständig ausgenutzt wird. Das war aber bei den Handelssorten erst noch zu beweisen.

Diese unsichere Situation kennzeichnet Iuckenack ganz richtig selbst, indem er sagt: »es sind allerdings meines Wissens Ausnutzungsversuche zum Vergleiche der beiden Kakaotypen bisher nicht ausgeführt worden.«

Wie wichtig solche Versuche anderseits sind, geht aus den Polemiken deutlich hervor, die als Ausfluß der Konkurrenzbestrebungen zwischen den Fabrikanten, welche hochprozentig fetthaltige Kakaos herstellen und der Reichardtschen Fabrik, die den stark entfetteten Kakao in den Handel bringt, gelten müssen.

Da viele, dem stark entfetteten Kakao mit auf den Weg gegebenen Anpreisungen und Gutachten wissenschaftlich nicht haltbar sind[1]), der Gegenbeweis in vielen Punkten ohne Versuche aber auch nur schwer oder kaum zu erbringen ist, so wird einer unfruchtbaren Polemik Tür und Tor geöffnet und nichts damit erreicht.

Es ist selbstverständlich nicht meine Absicht, auf diese Auseinandersetzungen[2]), die zum Teil mit viel Aufwand an Zeit und

1) S. folgende Anmerkung unter Nr. 14.

2) Die bei der Polemik in Frage kommenden Artikel und Arbeiten — soweit ich ihrer habhaft werden konnte — sind folgende:

1. H. Iuckenack und C. Griebel, Der Fettgehalt des Kakaopulvers. Zeitschr. f. Untersuchung der Nahrungs- und Genußmittel 1905, Bd. 10, Heft 1 u. 2.
2. Über fettarmes und fettreiches Kakaopulver, Gordian, Zeitschr. f. d. Kakao- und Schokoladenindustrie usw., Nr. 249, 5. IX. 05, S. 177.
3. Fettarmer und fettreicher Kakao? Gordian, Nr. 249, 5. IX. 05, S. 189.

Mühe angefertigt wurden, näher einzugehen; es sollen nur einige Punkte von allgemeinem Interesse, die zur Nahrungs- und Genufsmittelfrage des Kakaos in Beziehung stehen, am Schlufs der Arbeit besprochen werden, während ich auf die Besprechung der Befehdung in reinen Standesfragen natürlich verzichten mufs.

Versuche über Resorption und Assimilation des Stickstoffs und des Fettes in verschiedenen Handelssorten.

Wirft man einen Blick auf die Analysen der vielen Kakaopulversorten, von denen allein bei König[1]) 58 aufgeführt sind, so zeigen sich sowohl im Eiweifs- als auch im Fettgehalt

---

4. Der Kampf um das Fett. Nahrungsmittelwarte. Sept. 1905. Chemiker-Nummer.
5. Audiatur et altera pars, Flugblatt, Okt. 1905.
6. Kritik und Abwehr! Nahrungsmittelwarte, Okt. 1905, Verbands-Nummer.
7. Gutachten und Meinungen. Gordian, Nr. 253, Nov. 1905.
8. O si tacuisses, philosophus mansisses. Nahrungsmittelwarte, Nov. 1905, Ärzte-Nummer.
9. E. Luhmann, Der Kakaokrieg. Ebenda.
10. Bischoff, Gutachten. Ebenda.
11. Frz. Schmidt und Ad. Schenk, Bericht über Untersuchungen. Ebenda.
12. Reichardt schlägt Holland! Flugblatt, Dez. 1905.
13. E. Harnack, Die Bedeutung des Fettes für die Ernährung gesunder und kranker Kinder. Berliner Tageblatt (Der Zeitgeist Nr. 21, 1897).
14. E. Harnack, Über den Nährwert mehr oder minder entfetteter Handelssorten des Kakaos. Gordian, Nr. 253, 1905.
15. F. Hüppe, Untersuchungen über Kakao, Hirschwald, Berlin 1905.
16. Oefele, Kakaosorten am Krankenbette. Deutsche Medizin. Presse 1905, Nr. 20, S. 153.
16. Oefele, Ein Antrag Dr. Iuckenacks. Ebenda 1905, Nr. 14, S. 107.
17. Frz. Schmidt, Zur Aufklärung über den Fettgehalt des Kakaopulvers. Zeitschr. f. öffentl. Chemie 1905, XVI. Heft.
18. Zur Aufklärung, Flugblatt des Verbandes deutsch. Schokoladenfabrikanten.
19. Gegen die übermäfsig entölten Kakaopulver. Flugblatt des Verbandes deutscher Schokoladefabrikanten.

1) König, 4. Aufl., Die menschl. Nahrungs- und Genufsmittel, S. 1026.

erhebliche Differenzen. Sie betragen beim Eiweifs im Maximum 26,16 %, im Minimum 11,41 %. Der Fettgehalt schwankt zwischen 38,76 und 13,18 %.

Rubriziert man aber den Fettgehalt, der uns hier zunächst am meisten interessiert, in 3 Kategorien, so finden wir, dafs von den 58 Sorten 47 mehr als 25 % Fett,

9 » » 20 % »

oder nur 2 » » 13—15 % Fett aufweisen.

Iuckenack und Griebel[2]) fanden in 24 untersuchten deutschen Handelssorten 19 mal 25—35 % Fett,

1 » 20—25 % »

4 » 13—15 % »

6 holländische Kakaos zeigten

in 4 Fällen einen Fettgehalt von mehr als 29 %

» 2 » » » » » » 20—25 %,

d. h. mit anderen Worten, in ca. 80 % aller verkäuflichen Pulver sind über 25 % Fett enthalten. Die sehr wenig Fett enthaltenden Sorten von 13—15 % Fettgehalt beschränken sich nur auf Reichardts Doppelkakao »Monarch« und Reichardts »Pfennig«-Kakao.

Im Pfennig-Kakao fand ich sogar nur einen Fettgehalt von 12,4 %.

Wird der Kakaomasse durch Pressung Fett entzogen, so steigt damit der Eiweifsgehalt, eine an sich sehr wichtige Substanz. Da die Steigerung bei einer starken Fettabpressung nicht unbedeutend ist, so könnte man daraus vielleicht folgern, dafs es, um den Nährwert des Kakaos zu erhöhen, rationell sein müfste, so zu verfahren.

Allein hier spielt doch der Verlust des kalorisch doppelt so wertvollen Fettes eine entscheidende Rolle und man kann sehen, dafs der Wert des Kakaos bei weiterer Abpressung mehr und mehr verliert. Sehr deutlich fällt dies in die Augen, wenn man die steigenden Eiweifsmengen und die fallenden Fettmengen addiert.

---

1) Iuckenack und Griebel, a. a. O.

Nehmen wir z. B. an, dafs die zum Abpressen verwendete Kakaomasse enthalte: 50% Fett und 13% Eiweifs, so ergibt sich beim Abpressen von:

			Nährsubsanz
28% Fett ein Kakaopulver von	30,56% Fett und	18,05% Eiweifs	= 48,61
30% » » » »	28,57% » »	18,57% »	= 47,14
35% » » » »	23,08% » »	20,00% »	= 43,08
40% » » » »	16,67% » »	21,67% »	= 38,34
42% » » » »	13,79% » »	22,42% »	= 36,21

Hieraus ist ohne weiteres ersichtlich, dafs die Nährstoffe des Kakaos beim Fettabpressen ständig vermindert werden, und zwar beträgt die Verminderung bei 42% Abpressung gegenüber derjenigen von 28% Fett 25%.

Damit ist es aber leider noch nicht abgetan. Da das Eiweifs des Kakao, wie wir unten sehen werden, auch nur zu 50 bis 60% ausgenutzt wird, so mufs der Nährwert doch ganz erheblich sinken.

Es sollte nun durch die folgenden Versuche erwiesen werden, ob die fettreicheren den fettärmeren Kakaos gegenüber den Vorzug verdienten.

Zu diesem Zweck wählte ich sieben bekannte Handelssorten aus, welche einen Fettgehalt von 33% bis 12,4% repräsentierten.

Die Kakaopulver wurden von mir selbst in Läden gekauft und von mir selbst analysiert.

Nach dem Fettreichtum geordnet, kamen zur Untersuchung:

Kakao Suchard	33,0% Fett	20,12% Eiweifs
Stollwerk, Adler Kakao	32,2 » »	21,83 » »
Kakao v. Houten	30,8 » »	21,87 » »
Hartwig & Vogel, Kakao vero .	27,6 » »	19,77 » »
Reichardt, 3 Männer-Kakao . .	24,3 » »	20,30 » »
Reichardt, Doppelkakao Monarch	13,5 » »	23,30 » »
Reichardt, Pfennig-Kakao . . .	12,4 » »	19,70 » »

wobei absichtlich eine schweizerische, eine holländische und drei deutsche Marken mit über 25 oder nahezu 25% Fett

verwendet wurden. Den sehr fettarmen Kakao unter 15% stellte der Monarch- und Pfennig-Kakao der Firma Reichardt.

Bei diesen Sorten war mir besonders von Wert, dafs ich im 3 Männer- und im Monarch-Kakao ein Präparat vor mir hatte, welches nach seiner Provenienz — wie ich der Reichardtschen Veröffentlichung[1]) entnehme — von den gleichen Bohnen stammte und nur durch seinen Fettgehalt unterschieden war. Da die eine Marke 24,3% Fett enthielt, die andere bis auf 13,5% abgeprefst war, so bildete die Untersuchung dieser beiden Pulver einen sehr willkommenen Vergleich zu dem im ersten Teil der Arbeit angestellten Versuch mit 34,2 und 15,2% fetthaltigem Kakao derselben Zusammensetzung.

Dieser neue Versuch war in seiner Anlage den ersten vollständig gleich. Es wurden wieder dieselben Nahrungsmittel benutzt und in gröfseren Mengen beschafft, auch im übrigen blieben sich die äufseren Verhältnisse, unter denen der Versuch angestellt wurde, ganz dieselben. Die nebenher geleistete Arbeit war die gleichmäfsige Laboratoriumsarbeit wie früher.

Folgende Tabelle ergibt die für die Nahrung und die zur Untersuchung gelangten Kakaosorten von mir ermittelten Werte in Prozenten.

(Siehe Tabelle auf S. 70.)

Der ganze Versuch dauerte 43 Tage und zerfiel in elf Perioden. Jeder Untersuchungstag reichte von früh 7 bis wieder früh 7 Uhr. Nahrung wurde von früh 7 bis abends

1) Audiatur et altera pars, Flugblatt, Okt. 1905.

›. . . . . . Die beiden Kakaos tragen die Bezeichnung ‚Gral' und ‚Dreimänner'. Der erstere ist ungewürzt, der letztere gewürzt; beide enthalten 30% Fett, werden aus genau denselben edlen Bohnen fabriziert wie unsere bekannten Marken ‚Monarch' und ‚Helios'; . . . . . ‚Gral' soll die Wahrheit künden, dafs 30proz. Kakao gegenüber 15proz. ‚Monarch' und 20proz. Helios fettig schmeckt.

‚Dreimänner' soll künden, dafs nur Leute mit derbem Geschmacks- und Geruchssinn gewürzten Kakao trinken können.‹

Hierzu ist zu bemerken, dafs nach meinen Analysen der dem Verkehr entnommene ›Dreimänner-Kakao‹ nicht 30, sondern nur 24,3% Fett enthielt, der Monarch-Kakao an Stelle von 15% nur 13,5%.

Nahrung	Wasser	Trocken-substanz	Eiweifs	Fett	Kohle-hydrate[1])	Asche
Cervelatwurst . .	24,8	75,2	21,95	47,3	—	5,5
Briekäse	52,0	48,0	20,43	22,1	—	4,9
Steinmetzbrot . .	42,5	57,5	10,20	0,4	45,2	1,7
Schweinefett . .	—	100	—	100,0	—	—
Zucker	—	100	—	—	100	—
v. Houten . . .	4,5	95,5	21,87	30,8	10,2	8,6
Monarch	7,8	92,2	23,3	13,5	15,3	8,2
3 Männer . . .	6,4	93,6	20,3	24,3	12,1	7,2
Hartwig & Vogel .	4,6	95,4	19,77	27,6	11,5	7,6
Pfennig C. . . .	8,6	91,4	19,7	12,4	14,5	8,3
Suchard	4,7	95,3	20,12	33,0	10,8	7,2
Adler C.	4,7	95,3	21,83	32,2	11,0	6,5

7 Uhr in bestimmten 2—3 stündigen Zwischenräumen eingenommen.

Die Sammlung des Tagesharns und Tageskotes geschah wie im ersten Versuch.

Kaffee, Alkokol, Tee wurden vermieden. Die Wasserzufuhr richtete sich ganz nach Bedarf. Sie betrug im Durchschnitt pro die 1200 g.

In allen Kakaoperioden mit Ausnahme der VIII. und IX. Periode kamen 35 g Kakaopulver zur Verwendung und wurden in kleinen Portionen in Wasser genommen.

Die Funktionen des Organismus waren normal. Störungen wurden während des ganzen Versuches nicht beobachtet.

Die Nahrungszufuhr war in Periode I—VII qualitativ und quantitativ genau dieselbe.

I. Periode (Vorperiode): 3 Tage. Ich versuchte mich, wie im ersten Versuch, mit 100 Cervelatwurst, 150 Briekäse, 400 Roggenbrot, 30 Fett und 100 Zucker = 2575 Kal ins Stickstoffgleichgewicht zu setzen.

II. Periode: 5 Tage. Van Houtens Kakao mit 30,8 % Fett. Für die 35 g Kakao wurde in der Nahrung eine äquivalente Menge Käse beiseite gelassen. Es handelte sich darum,

1) Die Kohlehydrate wurden als Stärke ermittelt.

ob dieser Kakao das Stickstoffgleichgewicht verändern würde. Die Nahrung bestand aus 100 Wurst, 112 Käse, 400 Brot, 28 Fett, 100 Zucker und 35 Kakao = 2589 Kal.

III. Periode: 5 Tage. Reichardts Kakao Monarch mit 13,5 % Fett. Nahrung: 100 Wurst, 111 Käse, 400 Brot, 34 Fett, 100 Zucker, 35 Kakao. Hier sollte gezeigt werden, ob der stark abgepreſste Kakao die Bilanz verschlechterte resp. welchen Einfluſs er auf den Stickstoff und Fettumsatz ausübte.

IV. Periode: 5 Tage. Reicharts 3 Männer-Kakao mit 24,3 % Fett. Nahrung: 100 Wurst, 114 Käse, 400 Brot, 29 Fett, 100 Zucker, 35 Kakao = 2592 Kal. In dieser Periode konnte, da der Kakao derselben Provenienz entstammte wie der vorhergehende und nur durch seinen höheren Fettgehalt von ihm abwich, der Einfluſs des letzteren auf den Stickstoffumsatz deutlich zum Ausdruck kommen.

V. Periode: 5 Tage. Hartwig & Vogels Kakao vero mit 27,6 % Fett. Nahrung: 100 Wurst, 116 Käse, 400 Brot, 28 Fett, 100 Zucker, 35 Kakao = 2590 Kal. Der Ausfall dieser Periode muſste sich der vorigen eng anschlieſsen, da die Verhältnisse bis auf einen Unterschied von 3 g Fett im Kakao dieselben geblieben waren.

VI. Periode: 5 Tage. Reicharts Pfennig-Kakao mit 12,4 % Fett. Nahrung: 100 Wurst, 116 Käse, 400 Brot, 33 Fett, 100 Zucker, 35 Kakao = 2593 Kal. Bei dem niederen Fettgehalt des Pfennig-Kakaos muſste ganz ähnlich ein Ausschlag erfolgen wie bei Einnahme von Monarch-Kakao, falls der geringere Fettgehalt eine Wirkung ausüben konnte. Diese beiden Perioden sind deshalb von besonderer Wichtigkeit.

VII. Periode: 5 Tage. Suchard-Kakao mit 33 % Fett. Nahrung: 100 Wurst, 115 Käse, 400 Brot, 26 Fett, 100 Zucker, 35 Kakao = 2589 Kal. Im Anschluſs an die vorige Periode war anzunehmen, daſs der besonders hochprozentig fetthaltige Kakao einen Unterschied gegenüber dem stark entfetteten Pfennig-Kakao ergeben muſste. Die Resultate würden dann im wesentlichen mit denen der II., IV. und V. Periode übereinzustimmen haben.

VIII. Periode: 2 Tage. Stollwercks Adler-Kakao. 1. Tag 35 g, 2. Tag 100 g Kakao. Nahrung: Nur täglich 350 Zucker, insgesamt 1585 Kal. resp. 1868.

IX. Periode: 2 Tage. Reicharts Monarch-Kakao. 1. Tag 35 g, 2. Tag 100 g Kakao. Nahrung: Nur täglich 350 Zucker, insgesamt 1532 Kal. resp. 1718.

Beide Perioden bilden einen gemeinsamen Versuch und sollen zugleich das Experimentum crucis sein auf die Frage, wie der Kakao allein resp. sein Eiweifs ausgenutzt wird. Wie im vorigen Versuch besprochen wurde, konnte aus den bisherigen Resultaten nur geschlossen werden, wie das Eiweifs der Gesamtnahrung, dem der Kakao zugefügt war, verwertet wurde, und es war deshalb notwendig, Versuche mit Kakao allein vorzunehmen.

Gleichzeitig sollten diese an sich recht mühsamen Versuche den endgültigen und wichtigen Entscheid mit herbeiführen helfen, wie sich der fettreichere Kakao dem fettärmeren gegenüber verhält.

Die beiden Handelssorten Stollwercks Adler-Kakao und Reichardts Monarch wurden deshalb gewählt, weil sie in den Polemiken fast ausschliefslich zum Vergleich miteinander herangezogen wurden.

X. Periode (Nachperiode): 3 Tage. Dieselbe Nahrung wie in der Vorperiode.

XI. Periode (Kakaoölperiode): 2 Tage. Nahrung: 50 Wurst, 203 Käse, 400 Brot, 45 Kakaoöl, 100 Zucker.

Ähnlich wie in Periode VIII und IX sollte die sehr verschieden angegebene Ausnutzung des Kakaoöls zur Entscheidung gebracht werden, wobei es ebenfalls unumgänglich notwendig war, mit reinem ausgeprefsten Kakaoöl zu arbeiten. Es wurde fast die Hälfte der täglichen Fettzufuhr durch Kakaoöl gedeckt. Um die Ausnutzung des letzteren mit der des animalischen Fettes zu vergleichen, wurde das ganze Schweinefett der Nahrung und ein Teil des Wurstfettes durch das Kakaoöl ersetzt. Die Einnahme erfolgte in Form von Brot, welches mit geschmolzenem Fette getränkt war.

Die Zusammensetzung der Nahrung in den einzelnen Perioden folgen in nachstehenden kleinen Tabellen:

I. Periode. Vorperiode.

Nahrungsmittel	Menge	Wasser	Eiweifs	Fett	Kohle-hydrate	Asche
Wurst . . .	100	24,8	21,95	47,3	—	5,5
Käse . . .	150	78,0	30,64	33,1	—	7,4
Brot	400	170,0	40,80	1,6	180,8	6,8
Fett	30	—	—	30,0	—	—
Zucker . . .	100	—	—	—	100,0	—
Summa	780	272,8	93,39	112,0	280,0	19,7

II. Periode. Kakao van Houten.

Nahrungsmittel	Menge	Wasser	Eiweifs	Fett	Kohle-hydrate	Asche
Wurst . . .	100	24,8	21,95	47,3	—	5,5
Käse	112	58,0	23,0	24,7	—	5,5
Brot	400	170,0	40,8	1,6	180,8	6,8
Fett	28	—	—	27,0	—	—
Zucker . . .	100	—	—	—	100,0	—
Kakao . . .	35	1,6	7,65	10,7	3,5	3,0
Summa	775	254,4	93,40	111,3	284,3	20,8

III. Periode. Reichardts Kakao Monarch.

Nahrungsmittel	Menge	Wasser	Eiweifs	Fett	Kohle-hydrate	Asche
Wurst . . .	100	24,8	21,95	47,3	—	5,5
Käse	111	57,8	22,49	24,4	—	5,4
Brot	400	170,0	40,8	1,6	180,8	6,8
Fett	34	—	—	34,0	—	—
Zucker . . .	100	—	—	—	100,0	—
Kakao . . .	35	2,7	8,15	4,7	5,3	2,6
Summa	780	255,3	93,39	112,0	286,1	20,3

IV. Periode. Reichardts 3 Männer-Kakao.

Nahrungsmittel	Menge	Wasser	Eiweiß	Fett	Kohlehydrate	Asche
Wurst . . .	100	24,8	21,95	47,3	—	5,5
Käse	114	59,2	23,5	25,2	—	5,5
Brot	400	170,0	40,8	1,6	180,8	6,8
Fett	29	—	—	29,5	—	—
Zucker . . .	100	—	—	—	100	—
Kakao . . .	35	2,2	7,1	8,4	4,2	2,5
Summa	778	256,2	93,35	112,0	285,0	20,3

V. Periode. Hartwig & Vogel. Kakao Vero.

Nahrungsmittel	Menge	Wasser	Eiweiß	Fett	Kohlehydrate	Asche
Wurst . . .	100	24,8	21,95	47,3	—	5,5
Käse	116	60,0	23,75	25,6	—	5,6
Brot	400	170,0	40,8	1,6	180,8	6,8
Fett	28	—	—	28,0	—	—
Zucker . . .	100	—	—	—	100,0	—
Kakao . . .	35	1,6	6,9	9,6	4,0	2,6
Summa	779	256,4	93,4	112,1	284,8	20,5

VI. Periode. Reichardts Pfennig-Kakao.

Nahrungsmittel	Menge	Wasser	Eiweiß	Fett	Kohlehydrate	Asche
Wurst . . .	100	24,8	21,95	47,3	—	5,5
Käse	116	60,0	23,75	25,6	—	5,6
Brot	400	170,0	40,8	1,6	180,8	6,8
Fett	33	—	—	33,2	—	—
Zucker . . .	100	—	—	—	100,0	—
Kakao . . .	35	3,0	6,9	4,3	5,0	2,6
Summa	784	257,8	93,40	112,0	285,8	20,5

VII. Periode. Suchard-Kakao.

Nahrungsmittel	Menge	Wasser	Eiweiß	Fett	Kohlehydrate	Asche
Wurst . . .	100	24,8	21,95	47,3	—	5,5
Käse	115	59,8	23,65	25,4	—	5,6
Brot	400	170,0	40,8	1,6	180,8	6,8
Fett	26	—	—	26,0	—	—
Zucker . . .	100	—	—	—	100	—
Kakao . . .	35	1,6	7,0	11,5	3,8	2,4
Summa	776	256,2	93,4	111,8	284,6	20,3

VIII. Periode. Adler-Kakao. Stollwerck. 1. Tag.

Nahrungsmittel	Menge	Wasser	Eiweifs	Fett	Kohle-hydrate	Asche
Kakao . . .	35	1,6	7,64	11,3	3,8	2,3
Zucker . . .	350	—	—	—	350,0	—
Summa	385	1,6	7,64	11,3	353,8	2,3
			2. Tag.			
Kakao . . .	100	4,7	21,83	32,2	11,0	6,5
Zucker . . .	350	—	—	—	350,0	—
Summa	450	4,7	21,83	32,2	361,0	6,5

IX. Periode. Monarch-Kakao. Reichardt. 1. Tag.

Nahrungsmittel	Menge	Wasser	Eiweifs	Fett	Kohle-hydrate	Asche
Monarch . .	35	2,7	8,15	4,3	6,1	2,6
Zucker . . .	350	—	—	—	350,0	—
Summa	385	2,7	8,15	4,3	256,1	2,6
			2. Tag.			
Kakao . . .	100	7,8	23,3	12,5	17,5	8,2
Zucker . . .	350	—	—	—	350,0	—
Summa	450	7,8	23,3	12,5	367,5	8,2

X. Periode. Nachperiode.

Nahrungsmittel	Menge	Wasser	Eiweifs	Fett	Kohle-hydrate	Asche
Wurst . . .	100	24,8	21,95	47,3	—	5,5
Käse	150	78,0	30,64	33,1	—	7,4
Brot	400	170,0	40,80	1,6	180,3	6,8
Fett	30	—	—	30,0	—	—
Zucker . . .	100	—	—	—	100,0	—
Summa	780	272,8	93,39	112,0	280,3	19,7

XI. Periode. Kakaoölperiode.

Nahrungsmittel	Menge	Wasser	Eiweifs	Fett	Kohle-hydrate	Asche
Wurst . . .	50,0	12,4	10,97	23,6	—	2,7
Käse	203	105,5	41,61	41,4	—	9,9
Brot	400	170,0	40,80	1,6	180,8	6,8
Kakaoöl . .	45,4	—	—	45,4	—	—
Zucker . . .	100	—	—	—	100,0	—
Summa	798,4	287,9	93,38	112,0	280,8	19,4

Zweiter

Perioden	Versuchstage		Körpergewicht	Nahrungsmenge	Wasser	Flüssigkeit in der Nahrung	Wasserfreie Nahrung	Eiweifs	Fett	Kohlehydrate	Asche	Gesamt-Stickstoff	Kalorien
						Einnahmen							
	1	1	74,6	780,0		272,8	507,2	93,39	112,0	280,0	19,7	14,94	2575
I. Periode	2	2		780,0		272,8	507,2	93,39	112,0	280,0	19,7	14,94	2575
Vorperiode	3	3		780,0		272,8	507,2	93,39	112,0	280,0	19,7	14,94	2575
	4	4		780,0		272,8	507,2	93,39	112,0	280,0	19,7	14,94	2575
Mittel			74,6	780,0	ca. 1200	272,8	507,2	93,39	112,0	280,0	19,7	14,94	2575
II. Periode	1	5		775,0		254,4	520,6	93,4	111,3	284,3	20,8	14,94	2589
v. Houten	2	6		775,0		254,4	520,6	93,4	111,3	284,3	20,8	14,94	2589
Kakao	3	7		775,0		254,4	520,6	93,4	111,3	284,3	20,8	14,94	2589
35,0 pro die	4	8		775,0		254,4	520,6	93,4	111,3	284,3	20,8	14,94	2589
30,8 % F.	5	9		775,0		254,4	520,6	93,4	111,3	284,3	20,8	14,94	2589
Mittel			74,3	775,0	ca. 1200	254,4	520,6	93,4	111,3	284,3	20,8	14,94	2589
III. Periode	1	10		780,0		255,3	524,7	93,39	112,0	286,9	20,3	14,94	2597
Monarch	2	11		780,0		255,3	524,7	93,39	112,0	286,9	20,3	14,94	2597
Kakao Reichardt	3	12		780,0		255,3	524,7	93,39	112,0	286,9	20,3	14,94	2597
35,0 pro die	4	13		780,0		255,3	524,7	93,39	112,0	286,9	20,3	14,94	2597
13,5 % F.	5	14		780,0		255,3	524,7	93,39	112,0	286,9	20,3	14,94	2597
Mittel			74,2	780,0	ca. 1200	255,3	524,7	93,39	112,0	286,9	20,3	14,94	2597
IV. Periode	1	15		778,0		256,2	521,8	93,35	112,0	285,0	20,3	14,94	2592
3 Männer	2	16		778,0		256,2	521,8	93,35	112,0	285,0	20,3	14,94	2592
Kakao Reichardt	3	17		778,0		256,2	521,8	93,35	112,0	285,0	20,3	14,94	2592
35,0 pro die	4	18		778,0		256,2	521,8	93,35	112,0	285,0	20,3	14,94	2592
24,3 % F.	5	19		778,0		256,2	521,8	93,35	112,0	285,0	20,3	14,94	2592
Mittel			74,3	778,0	ca. 1200	256,2	521,8	93,35	112,0	285,0	20,3	14,94	2592
V. Periode	1	20		779,0		256,4	522,6	93,4	112,1	284,8	20,5	14,94	2590
Hartwig & Vogel	2	21		779,0		256,4	522,6	93,4	112,1	284,8	20,5	14,94	2590
Kakao	3	22		779,0		256,4	522,6	93,4	112,1	284,8	20,5	14,94	2590
35,0 pro die	4	23		779,0		256,4	522,6	93,4	112,1	284,8	20,5	14,94	2590
27,6 % F.	5	24		779,0		256,4	522,6	93,4	112,1	284,8	20,5	14,94	2590
Mittel			74,1	779,0	ca. 1200	256,4	522,6	93,4	112,1	284,8	20,5	14,94	2590

Versuch.

Ausgaben													
Kot, feucht	Kot, lufttrocken	Harnmenge	Stickstoff im Kot	Stickstoff im Harn	Gesamtstickstoff	Fett im Gesamtkot	Fett in 1 g Kot	Bilanz pro die	N-Verlust in % der N-Zufuhr	Ausnutzung	Fettverlust in % der Fettzufuhr	Ausnutzung	Bemerkungen
226,0	43,0	1350,0	2,62	13,15	15,77	5,93							
179,0	41,0	1050,0	2,56	12,16	14,72	5,65		+ 0,21					
210,0	42,5	960,0	2,59	11,69	15,28	5,86							
205,0	40,5	1040,0	2,47	11,68	14,15	5,58							
205,0	42,0	1100,0	2,56	12,17	14,73	5,79	0,138		17,1	82,9	5,1	94,9	
227,0	57,7	1020,0	3,23	12,52	15,75	6,92							
228,0	58,6	960,0	3,28	12,52	15,80	7,03		— 0,15					
235,0	57,2	820,0	3,20	11,81	15,01	6,86							
300,0	57,5	1070,0	3,22	12,34	15,56	6,90							
265,0	59,0	1030,0	3,30	12,16	15,46	7,08							
255,0	58,1	980,0	3,24	11,85	15,09	6,96	0,120		21,6	78,4	6,2	93,8	
247,0	67,3	960,0	4,10	11,25	15,35	8,37							
273,0	66,1	1120,0	4,03	12,28	16,31	8,26		— 0,51					
285,0	65,0	970,0	3,96	10,25	15,21	8,12							
305,0	65,4	1020,0	3,98	11,33	15,31	8,17							
240,0	66,2	1180,0	4,03	12,04	16,07	8, 27							
270,0	66,2	1050,0	4,02	11,43	15,45	8,25	0,125		26,8	73,2	7,3	92,7	
210,0	56,2	1060,0	3,15	12,08	15,23	6,91							
315,0	65,0	950,0	3,65	11,13	14,78	7,99		+ 0,22					
245,0	61,5	1030,0	3,45	11,12	14,67	7,56							
230,0	61,3	970,0	3,44	10,33	13,77	7,53							
225,0	56,0	1040,0	3,20	12,24	15,44	6,88							
245,0	60,0	1030,0	3,36	11,36	14,72	7,88	0,123		22,4	77,6	6,6	93,4	
230,0	58,1	1210,0	3,08	11,71	14,79	6,89							
225,0	60,3	1400,0	3,24	12,33	15,57	6,63		+ 0,40					
242,0	61,2	970,0	3,25	11,52	14,27	6,73							
295,0	62,6	940,0	3,33	12,17	15,50	6,88							
283,0	58,3	1130,0	3,10	10,32	13,92	6,41							
255,0	59,1	1130,0	3,13	11,41	14,54	6,49	0,110		20,9	79,1	5,8	94,2	

Perioden	Versuchstage		Körpergewicht	Nahrungsmenge	Wasser	Flüssigkeit in der Nahrung	Wasserfreie Nahrung	Eiweifs	Fett	Kohlehydrate	Asche	Gesamtstickstoff	Kalorien
	Einnahmen												
I. Periode	1	25		784,0		257,8	526,2	93,4	112,0	286,6	20,5	14,94	2589
Pfennig-	2	26		784,0		257,8	526,2	93,4	112,0	286,6	20,5	14,94	2589
Kakao Reichardt	3	27		784,0		257,8	526,2	93,4	112,0	286,6	20,5	14,94	2589
35,0 pro die	4	28		784,0		257,8	526,2	93,4	112,0	286,6	20,5	14,94	2589
12,4 % F.	5	29		784,0		257,8	526,2	93,4	112,0	286,6	20,5	14,94	2589
Mittel			74,1	784,0	ca. 1200	257,8	526,2	93,4	112,0	286,6	20,5	14,94	2589
VII. Periode	1	30		776,0		256,2	519,8	93,4	111,8	284,6	20,3	14,94	2589
Suchard-	2	31		776,0		256,2	519,8	93,4	111,8	284,6	20,3	14,94	2589
Kakao	3	32		776,0		256,2	519,8	93,4	111,8	284,6	20,3	14,94	2589
35,0 pro die	4	33		776,0		256,2	519,8	93,4	111,8	284,6	20,3	14,94	2589
33 % F.	5	34		776,0		256,2	519,8	93,4	111,8	284,6	20,3	14,94	2589
Mittel			74,0	776,0	ca. 1200	256,2	519,8	93,4	111,8	284,6	20,3	14,94	2589
VIII. Periode Stollwerck Adler-Kakao	1	35		385		1,6	383,4	7,64	11,3	353,8	2,3	1,20	1585
35,0 + 100,0 34,2 % F.	2	36		450		4,7	455,3	21,83	32,2	361,0	6,5	3,49	1868
Summe			73,6	835	ca. 1200	6,3	838,7	29,47	43,5	714,8	8,8	4,69	
IX. Periode Monarch-Kakao Reichardt	1	37		385		2,7	382,3	8,15	4,3	356,0	2,6	1,30	1532
35,0 + 100,0 13,5 % F.	2	38		450		7,8	442,2	23,3	12,5	367,5	8,2	3,73	1718
Summe			73,1	835	ca 1200	10,5	824,5	31,45	16,8	723,5	10,8	5,03	
X. Periode	1	39		780		272,8	507,2	93,39	112,0	280,0	19,7	14,94	2575
Nach-	2	40		780		272,8	507,2	93,39	112,0	280,0	19,7	14,94	2575
periode	3	41		780		272,8	507,2	93,39	112,0	280,0	19,7	14,94	2575
Mittel			73,1	780	ca. 1200	272,8	507,2	93,39	112,0	280,0	19,7	14,94	2575
XI. Periode Kakaoöl	1	42		798		287,9	510,0	93,38	112,0	280,8	19,4	14,94	2575
45,0	2	43		798		287,9	510,0	93,38	112,0	280,8	19,4	14,94	2575
Mittel			73,0	798	ca. 1200	287,9	510,0	93,38	112,0	280,8	19,4	14,94	2575

Ausgaben								Bilanz pro die	N-Verlust in % der N-Zufuhr	Ausnutzung	Fettverlust in % der Fettzufuhr	Ausnutzung	Bemerkungen
Kot, feucht	Kot, lufttrocken	Harnmenge	Stickstoff im Kot	Stickstoff im Harn	Gesamtstickstoff	Fett im Gesamtkot	Fett in 1 g Kot						
225,0	64,1	1260	4,03	9,91	13,94	8,46							
265,0	67,3	910	4,23	11,08	15,21	8,88							
310,0	70,4	1210	4,43	10,38	14,81	9,29		—0,16					
240,0	68,2	1440	4,29	9,93	13,22	9,00							
235,0	68,0	1430	4,28	11,10	15,38	8,97							
275,0	67,6	1250	4,28	10,88	15,10	8,84	0,132		28,6	71,4	7,9	92,1	
250,0	54,3	1240,0	3,20	11,31	14,51	6,24							
232,0	60,0	1160,0	3,54	12,21	15,75	6,90		—0,05					
245,0	56,1	1210,0	3,25	11,58	14,83	6,45							
333,0	60,8	1040,0	3,58	12,22	15,80	6,99							
180,0	61,3	950,0	3,61	10,53	14,14	7,04							
248,0	58,5	1120,0	3,42	11,57	14,99	6,96	0,115		22,9	77,1	6,1	93,9	
90,0	29,5	1240,0	1,78	3,83	5,61			—3,35					
135,0	43,0	1360,0	2,20	3,58	5,78								
225,0	72,5		3,98	7,41	11,39	5,65	0,078		55,0[1]	45,0[1]	12,9	87,1	
95,0	30,0	1480,0	1,88	3,42	5,30			—3,31					
194,0	63,5	1230,0	3,30	3,05	6,35								
289,0	93,5		5,18	6,47	11,65	2,89	0,031		75,2[1]	24,8[1]	17,2	82,8	
243,0	44,7	1140,0	2,72	12,91	15,63	5,58		—0,8					
205,0	42,5	1230,0	2,59	11,61	14,20	5,31							
182,0	42,4	1110,0	2,58	12,14	14,72	5,30							
210,0	43,2	1160,0	2,62	12,22	15,24	5,37	0,125		17,5	82,5	4,8	95,2	
195,0	41,0	1008,0	2,29	12,94	15,25	5,78		—0,45					
220,0	42,8	1250,0	2,39	13,14	15,53	6,03							
207,0	41,9	1129,0	2,34	13,05	15,39	5,90	0,141	.	15,7	84,3	5,3	94,7	

1) Nach Abzug des Darmsaftstickstoffs = 0,7 g pro die.

Resultate.

Die tabellarische Übersicht bringt, gleich wie im vorigen Versuche, Einnahmen, Ausgaben und die Bilanz. Daran schliefst sich das Ergebnis der Ausnutzung von Stickstoff und Fett. Die beigegebenen Kurven erleichtern den Überblick und enthalten die Fett-Ein- und Ausfuhr, Stickstoffeinfuhr und -Ausfuhr, im Kot und im Harn und den Trockenkot.

I. Periode: Vorperiode: Die Einfuhr von Eiweifs war im Vergleiche zur Vorperiode des ersten Versuches um einige Gramm geringer, wodurch auch die Gesamtstickstoffeinfuhr etwas verringert wurde. Das Stickstoffgleichgewicht wurde mit + 0,21 recht gut erreicht. Der Trockenkot mit 42,0 und der ausgeschiedene Kotstickstoff mit 2,56 im Mittel ergeben fast genau dieselben Zahlen wie im ersten Versuche. Auch die Fettausnutzung war unverändert und erreichte die bei mir übliche Höhe von ca. 95%.

Der Stickstoff der Nahrung wurde zu 82,9% ausgenutzt.

II. Periode: Eingeführt 35 g Kakao van Houten mit 30,8% Fett.

Gleich wie im ersten Versuche in der V. Periode, wo ebenfalls 35 g 34,2% fetthaltiger Kakao genommen wurde, fand eine vermehrte Kotausscheidung (58,1 g gegenüber 42 g in der Vorperiode) statt, die anderseits eine Erhöhung des Stickstoffs im Kot herbeiführte (3,24 g gegenüber 2,56 g); ein Beweis, dafs auch andere Kakaopulver kotbildend wirken.

Die Stickstoffbilanz müfste demgemäfs gegenüber der Vorperiode bedeutend gesunken sein, doch ist dies nur in sehr bescheidenem Mafse der Fall. Sie beträgt — 0,15 g. Der Grund hierfür liegt in der, der Vorperiode gegenüber verminderten Ausscheidung von Stickstoff im Harn. Das ist ganz dieselbe Beobachtung, die wir bereits im ersten Versuch so drastisch in der II. und III. Periode gesehen haben. Hier wirkte also der van Houtensche Kakao ganz genau so wie in dem ersten Versuch der 34,2% fetthaltige Ariba-Kakao.

Die Fettausnutzung hat durch die vermehrte Kotausfuhr etwas gelitten (93,8% gegenüber 94,9% in der Vorperiode). Auch dieses Faktum stimmt mit dem parallelen Versuche im ersten Teil.

III. Periode: Eingeführt 35 g Monarch-Kakao Reichardt mit 13,5% Fett.

Wir beobachten ein Steigen der Minusbilanz von — 0,15 auf 0,51, welches gegründet ist auf eine noch höhere Kotausfuhr als in der vorhergehenden Periode. Dieselbe stieg von 58,1 g auf 66,2 g und kam fast genau der gleich, die wir im ersten Versuche, VI. Periode, bei Einnahme von 15,2% fetthaltigem Kakao gesehen haben (65,2). Damit stieg auch wiederum die Stickstoffmenge im Kot von 3,24 auf 4,02 g. Um so interessanter ist nun, dafs der Harnstickstoff trotz der vermehrten Kotstickstoffausscheidung weiter sinkt von 11,85 g auf 11,43 g, ein Phänomen, welches wir aus dem ersten Versuch bereits kennen und dort gewürdigt haben. So geben auch in diesem Punkte die Versuche mit analogem stark entfettetem Kakao im ersten Versuche eine gute Übereinstimmung.

Die Fettausnutzung sinkt weiter von 93,8% auf 92,7% infolge der vermehrten Kotausfuhr. Die Resultate dieser Periode lehren sehr deutlich, dafs der Monarch-Kakao gegenüber dem Kakao van Houten, d. h. mit andern Worten ein sehr stark abgeprefster Kakao einem mehr Fett enthaltenden nicht gleichzustellen ist, sondern in seiner Fett- und Stickstoffausnutzung dem letzteren nachsteht. Sehr interessant ist es nun, dafs sich auch durch das Schwesterpräparat, dem 3 Männerkakao, welcher derselben Provenienz entstammt wie der Monarch-Kakao, der Einflufs der Fettentziehung nachweisen läfst.

IV. Periode: Eingeführt 35 g: 3 Männer-Kakao Reichardt mit 24,3% Fett.

Bei dem gröfseren Fettgehalt tritt die Menge des Trockenkotes wieder zurück von 66,2 auf 60 und erreicht fast das Niveau des van Houtens Kakao mit 58,1. Auch die Stickstoffausfuhr sinkt wieder von 4,02 g auf 3,36 g. Da der Harnstickstoff gegenüber der vorhergehenden Periode nicht vermehrt ist, so ist die Gesamt-

stickstoffausfuhr unter der Einfuhr geblieben und sogar ein N-Ansatz von 0,22 erreicht worden. Auch die Fettausnutzung verbesserte sich wieder und erreichte dieselbe Höhe wie in der II. Periode.

Es ist also auch hier zum dritten Male bei ein und derselben Marke, die nur durch den Fettgehalt sich unterschied, der Beweis erbracht, dafs die fettreichere eine bessere Verwertung findet als die fettärmere.

V. und VII. Periode: Eingeführt 35 g: Hartwig u. Vogels Kakao Vero mit 27,6% Fett resp. Suchard-Kakao mit 33% Fett.

Das Ergebnis der Untersuchung dieser beiden Kakaomarken ist im ganzen das gleiche und stimmt auch mit dem van Houtens Kakao und dem Monarch-Kakao gut überein.

Beim Kakao Vero mit 27,6% Fett beträgt der Trockenkot 59,1 g, bei 3 Männer-Kakao mit 24,3% Fett 60 g, bei Suchard-Kakao mit 33% Fett 58,5 g und bei van Houtens Kakao mit 30,8% Fett 58,1 g. Ebenso sind die Zahlen des Kotstickstoffs im allgemeinen bei den genannten 4 Sorten und auch mit dem im ersten Versuch benutzten Ariba-Kakao übereinstimmend. Kakao Vero ergab im Kot 3,13 g N, 3 Männerkakao 3,36 g N, Suchard-Kakao 3,42 g N, van Houtens Kakao 3,24 g N und Ariba-Kakao 3,81 g N, d. h. also je mehr Fett dem Kakao abgeprefst wird, desto mehr steigt der Trockenkot und mit ihm die Stickstoffausfuhr im Kot.

In ganz ähnlicher Weise wird die Fettresorption beeinflufst: Bei Kakao Vero wurden 94,2% Fett ausgenutzt, bei 3 Männerkakao 93,4%, bei Suchard Kakao 93,9%, bei van Houtens Kakao 93,8%, bei Ariba-Kakao 93,9%. Die Kurventabelle veranschaulicht diese Verhältnisse, auch wenn die Zahlenunterschiede nicht erheblich sind, recht deutlich.

Der Harnstickstoff ist in beiden Perioden fast gleich, gegenüber der Vorperiode aber gesunken. Das ist dieselbe Erscheinung wie in Periode II und IV und ebenso beim Ariba-Kakao.

VI. Periode: Eingeführt 35 g Reichardts Pfennig-Kakao mit 12,4% Fett.

Alle Beobachtungen, die an stark entfetteten Proben bisher gemacht wurden, treten am meisten in dieser Periode hervor. Der

Trockenkot steigt auf 67,6 g gegenüber der Vorperiode von 42 g, ähnlich wie beim Monarch-Kakao der Trockenkot 66,2 g betrug. Alle übrigen, mehr Prozent Fett haltenden Pulver zeigen eine Kotmenge von 58—60 g. Auch die Kotstickstoffmenge steigt am höchsten. Sie beträgt 4,28 gegenüber der Vorperiode von 2,56 g und gegenüber dem Kotstickstoff der mehr Prozent Fett haltenden Pulver von durchschnittlich 3,28 g. Die Ausnutzbarkeit des Fettes stellt sich ebenfalls am wenigsten günstig; sie beträgt 92,1% gegenüber der Vorperiode von 94,9%. Die Ausnutzung der Nahrung mit nicht so stark entfetteten Kakaos beträgt im Mittel 94,3, also nur um ein ganz Geringes weniger als die Normalnahrung. Die Stickstoffbilanz zeigt fast Gleichgewicht mit — 0,16, doch ist sie ein wenig geringer geworden im Gegensatz zur vorstehenden Periode, wo sie + 0,4 ausmachte.

Endlich soll noch erwähnt sein, dafs der Harnstickstoff unter den Handelssorten die niedrigste Zahl erreicht, womit die Tendenz des Organismus, auch mit niedrigeren Eiweifsmengen als in der Vorperiode hauszuhalten, gekennzeichnet sein soll. In den Vorperioden fanden sich im Harn 12,17 g Stickstoff.

Resümieren wir die bei den Handelssorten gemachten Erfahrungen, so zeigt sich mit aller Deutlichkeit, dafs diejenigen Kakaosorten, denen am wenigsten Fett entzogen wurde, in bezug auf Ausnutzung an Stickstoff und Fett dem stark entfetteten überlegen sind. Einige wenige Zahlen mögen dies erläutern.

		Ausnutzung des Stickstoffs in der Nahrung	Ausnutzung des Fettes in der Nahrung
Suchard-Kakao	33% Fett	77,1%	93,9%
v. Houten Kakao . . .	30,8% »	78,4%	93,8%
Kakao Vero Hartwig u. Vogel	27,6% »	79,1%	94,2%
Reichardts 3 Männer-Kakao	24,3% »	77,6%	93,4%
» Monarch-Kakao	13,5% »	73,2%	92,7%[1])
» Pfennig-Kakao .	12,4% »	71,4%	92,1%[1])

1) Hieraus ergeben sich auch keine Anhaltspunkte dafür, dafs, wie behauptet wird, die feine Pulverisierung auf die Ausnutzung des Fettes und des Stickstoffs einen besonders günstigen Einflufs ausüben sollte.

VIII. Periode: Diese und die folgende Periode fallen insofern aus dem Untersuchungsrahmen der Handelssorten heraus, als von dem verwendeten Adler-Kakao Stollwerck und dem Reichardtschen Monarch nicht 35 g, sondern in 2 Tagen **135 g** und an Stelle der übrigen Nahrung nur pro Tag 350 g Zucker genommen wurden. Da kein Fett und kein Eiweifs neben dem Kakao eingeführt wurden, so konnten und mufsten die Resultate der Fett- und Eiweifsausnutzung nur auf das Kakaofett und das Kakaoeiweifs zurückgeführt werden.

Die Zuckermenge wurde hinzugefügt, weil die grofsen Mengen dieses voluminösen Pulvers in Wasser gerührt ohne einen Zuckerzusatz kaum oder nur mit Widerwillen hätten genossen werden können, und weil durch Einführung einer gröfseren Zuckermenge wenigstens die Kalorienzufuhr einigermafsen erhöht werden konnte. Denn die Eiweifszufuhr im Kakao betrug am ersten Tage ja nur 7,64 g = 1,2 g Stickstoff, am zweiten Tage 21,83 g = 3,49 g Stickstoff, zusammen 29,47 g Eiweifs = 4,69 g Stickstoff, und die Fettzufuhr belief sich nur auf 11,3 g am ersten Tage und auf 32,2 g am zweiten Tage, zusammen auf 43,5 g. Die Gesamtkalorieneinfuhr des Kakaoeiweifses und des Kakaofettes und des Zuckers lag mit 1585 Kalorien resp. 1868 immer noch erheblich unter der Normaleinfuhr von 2589 Kalorien.

Das interessanteste Ergebnis ist jedenfalls die hohe Stickstoffausfuhr im Gegensatz zur Einfuhr.

Eingeführt wurden insgesamt am	ersten Tage	1,2 g N
»	zweiten »	3,49 g N
	Summa	4,69 g N

Die Gesamtausfuhr betrug	5,61 g N
»	5,78 g N
	11,39 g N

Es sind also in 2 Tagen 6,70 g N mehr ausgeschieden als eingeführt worden, die Minusbilanz und damit der Verlust an Körpereiweifs wurde aufserordentlich grofs; — 3,35 g pro die. Der hohe Stickstoffverlust ist zum Teil bedingt durch die Unterernährung,

in die der Organismus versetzt wurde und zum Teil durch die geringe Ausnutzbarkeit des Kakaopulvers.

Wie grofs der Anteil des letzteren ist mufs aus dem Kotstickstoff zu entnehmen sein.

Der Kotstickstoff beträgt am ersten Tage 1,78 g, am zweiten Tage 2,20 g, zusammen 3,98 g.

Da die Stickstoffeinfuhr am ersten Tage nur 1,2 g betrug und die Ausfuhr im Kot aber 1,78 g, so könnte es den Anschein erwecken, als ob vom Kakaoeiweifs überhaupt nichts resorbiert worden wäre. Das ist aber nach den früheren Untersuchungen nicht der Fall.

Wir wissen, dafs der Organismus, wie schon im ersten Teil näher ausgeführt wurde, pro Tag im Durchschnitt 0,7 g Stickstoff zur Ausscheidung bringt, welcher aus den Darmsäften stammt.[1]) Dieser Wert mufs daher vom gefundenen Kotstickstoff abgezogen werden. Dasselbe gilt vom 2. Tag, an welchem 3,49 g N eingeführt und im Kot 2,20 g wiedergefunden wurden.

Um die Rechnung übersichtlicher zu gestalten, fassen wir die Gesamteinfuhr und die Gesamtausfuhr der beiden Tage zusammen:

Stickstoff-Gesamteinfuhr . . . in 2 Tagen: 4,69 g N
Stickstoff-Gesamtausfuhr im Kot » 2 » 3,98 g N.

---

1) Die Menge des Darmsaftkotes, die sich bei Kakaoversuchen bildet, habe ich versucht, auf folgende Weise ermitteln zu können:

Der Kot in der
Nachperiode (Normalnährung) betrug 43,2 g,
Periode mit 100 g Kakao von 34,2 % Fett + gemischter Nahrung betrug 103 g,
» » 100 g Kakao von 15,2 % Fett + gemischter Nahrung betrug 132 g,
» » 100 g Kakao von 34,2 % Fett allein betrug 43 g,
» » 100 g Kakao von 15,2 % Fett allein betrug 63,5 g.

Beispiel: 100 g Kakao von 15,2 % Fett + Nahrung geben 132,0 g Kot
100 g Kakao von 15,2 % Fett allein geben . . 63,5 g »
69,5 g Kot

kommen auf die gemischte Nahrung bei Kakaoeinfuhr.

Kot aus der Nahrung bei Kakaoeinfuhr . . . . . . 69,5 g
» » » » ohne Kakaoeinfuhr (Vorperiode) 43,2 g
26,3 g

Darmsaftkot, der durch Kakaoeinfuhr von 100,0 mehr produziert wird.

Da in 2 Tagen aber 1,4 g Darmsaftstickstoff gebildet wurden, so stammen nur:

$$\begin{array}{r} 3{,}98 \text{ g N} \\ -1{,}40 \text{ g N} \\ \hline 2{,}58 \text{ g N} \end{array} \text{ vom Kakao.}$$

Nun sind

4,69 g Kakaostickstoff eingeführt,
2,58 g » ausgeschieden, also
2,11 g resorbiert worden.

Das bedeutet, auf 100 g Kakaostickstoff berechnet:

$$4{,}69 : 2{,}11 = 100 : x$$
$$x = 45\,\%.$$

Es werden also vom Eiweifs des Kakaos, welcher 34,2% Fett enthält, 45% ausgenutzt.

Der Theobrominstickstoff kann bei der Berechnung der Stickstoffausnutzung unberücksichtigt bleiben, da derselbe nach Rost nicht in den Kot übergeht.

Meine Resultate würden mit denen in Parallele zu setzen sein, die Lebbin[1]) und Weigmann[2]) an verschiedenen Kakaosorten, die allein ohne andere stickstoffhaltige Nahrung genommen wurden, fanden. Es wurden dort 41,1—45,1% Ausnutzung festgestellt. Wenn auch nicht ausdrücklich bemerkt, so ist doch anzunehmen, dafs jene Autoren die üblichen Marken mit 25 bis 35% Fett benutzt haben.

Der Harnstickstoff stammt z. T. vom resorbierten Kakaostickstoff, z. T. vom Körpereiweifs.

Ausgeschieden im Harn wurden am 1. Tage 3,83 g N, am 2. Tage 3,58 g N, zusammen 7,41 g.

Unter der Annahme, dafs die Menge von 2,11 g Stickstoff, welche resorbiert worden war, auch assimiliert wurde, müfsten

$$\begin{array}{r} 7{,}41 \text{ g} \\ -2{,}11 \text{ g} \\ \hline 5{,}30 \text{ g} \end{array} \text{ Stickstoff}$$

1) Lebbin a. a. O.
2) Weigmann a. a. O.

vom Körpereiweiſs stammen. Der Organismus hätte dann pro die 2,65 g Stickstoff = 16,56 Eiweiſs einschmelzen müssen.

Die Fettausnutzung des Kakaos betrug 87,1%. Diese Zahl ist um ca. 5% niedriger als die Fettausnutzung der in den vorigen Perioden eingeführten Nahrung + Kakao. Die Differenz muſs, wie sich aus der letzten »Kakaöl-Periode« ergeben wird, darauf zurückgeführt werden, daſs das Kakaoöl im Kakao, wenigstens eine gewisse kleine Menge, so fest eingeschlossen ist, daſs es den Verdauungssäften nicht zugänglich ist. Kakaöl allein wird bedeutend besser ausgenutzt.

IX. Periode: Zum Vergleich mit dem Adler-Kakao von 34,2% Fett wurde ganz in derselben Weise der Reichardtsche Kakao Monarch mit 13,5% Fett geprüft.

Eingeführt wurden am 1. Tage 35 g, am 2. Tage 100 g. Entsprechend dem etwas höheren Stickstoffgehalte bei stark abgepreſsten Kakaos betrugen die Stickstoffmengen im Kakao 1,3 g resp. 3,73 g, zusammen 5,03 g. Die Fetteinfuhr stellte sich dagegen viel niedriger als in der vorhergehenden Periode. Es kommen nur insgesamt 16,8 g, und zwar am 1. Tage 4,3, am 2. Tage 12,5 g zur Einfuhr. Damit steht auch die etwas geringere Kalorienzufuhr von 1532 resp. 1718 gegenüber der in der vorigen Periode verabreichten Menge von 1585 resp. 1868 in Beziehung.

Genau wie beim Adler-Kakao erreichte die Stickstoffgesamtausfuhr von 11,65 g in 2 Tagen gegenüber der Einfuhr von 5,03 g eine recht hohe Zahl. Die Bilanz betrug demnach pro die — 3,31.

Zunächst fällt aber auf, daſs der Trockenkot in den 2 Tagen gegenüber der vorhergehenden Periode von 72,5 g auf 93,5 g gestiegen ist. Ganz entsprechend ist auch die Stickstoffausfuhr im Kot gestiegen. Sie beträgt im 1. Tage 1,88 g, im 2. Tage 3,30, zusammen 5,18 g, während die Gesamtsumme bei Adler-Kakao nur 3,98 betrug.

Das ist wieder dieselbe Erscheinung, wie wir sie schon bei den Untersuchungen der Handelssorten und auch im 1. Teil der Arbeit bei den stark entfetteten Kakaos gegenüber den Marken mit reichlicherem Fettgehalt vorfanden.

Wünschen wir hier die wirkliche Ausnutzung des Kakaostickstoffs zu ermitteln, so müssen wir wie in der vorigen Periode auch den Darmsaftstickstoff in Abzug bringen. Das Exempel gestaltet sich alsdann folgendermafsen:

Stickstoff-Gesamteinfuhr . . .	in 2 Tagen:	5,03 g
Stickstoff-Gesamtausfuhr im Kot	» 2 »	5,18 g

1,4 g Stickstoff fallen auf den Darmsaftkot, also

$$\begin{array}{r} 5{,}18 \\ -\,1{,}40 \\ \hline 3{,}78 \end{array}$$ g N vom Kakao.

An Kakaostickstoff sind eingeführt	5,03 g N
» » » ausgeschieden . .	3,78 g N
	1,25 g N

sind resorbiert worden.

Auf 100 g Kakaostickstoff berechnet:

$$5{,}03 : 1{,}25 = 100 : x$$
$$x = 24{,}8\,\%.$$

Demnach werden vom Eiweifs des Kakaos, welcher nur 13,5% Fett enthält, nur 24,8% ausgenutzt. Es gehen also 75,2% Kakaoeiweifs verloren! Dieser Versuch beweist, dafs die Meinung und die Angabe, ein stark entfetteter Kakao müfste nahrhafter sein wie ein mehr Prozent fetthaltiger, weil die Stickstoffmenge in demselben vermehrt wäre, also durchaus unrichtig ist. Im Gegenteil, der Kakao wird immer schlechter ausgenutzt, je fettärmer er ist, und der Unterschied beträgt bei einer Fettabpressung bis auf 13% fast 50% der Ausnutzbarkeit eines 30% fetthaltigen Kakaos.

Dazu gesellt sich noch der Umstand, dafs bei dem stark entfetteten Kakao immer auch noch ein höherer Fettverlust verbunden ist. Beim Adler-Kakao gingen bei Einnahme des Kakaos allein 12,9% Fett verloren. Beim Monarch-Kakao dagegen 17,2%. Es kamen also nur 82,8% zur Ausnutzung. Die Begründung dafür, welche

darin zu suchen ist, dafs mit der vermehrten Kotausscheidung auch Fett zu Verlust geht, welches sonst wohl gut resorbierbar gewesen wäre, haben wir schon im 1. Teil gegeben.

Einer Besprechung bedürfen auch noch die Werte des Harnstickstoffs in beiden Perioden.

Zunächst zeigt die Gesamt-N-Ausfuhr im Harn in den 2 Tagen der Monarch-Periode eine Abnahme von fast 1 g gegenüber der Adler-Periode. Die Ausscheidung betrug bei Adler-Kakaos 7,41 g, bei Monarch-Kakao 6,47 g.

Hier tritt uns die schon öfter gemachte Beobachtung entgegen, dafs trotz einer vermehrten Stickstoffausscheidung im Kot, bei der infolgedessen der Harnstickstoff sich naturgemäfs erhöhen müfste, weniger N ausgeschieden wird. Dies tritt hier sehr drastisch zutage, und ich halte diese Tatsache, welche als ein Novum in ihrer Bedeutung schon im 1. Teil gewürdigt wurde und sich hier von neuem bei reinen Kakaogaben zeigt, als wichtigen Gegenbeweis für die Richtigkeit der oben erhaltenen Resultate.

Weiter ist zu erwähnen, dafs sowohl in der Monarch- wie in der Adler-Periode bei Gaben von 100 g die Stickstoffausfuhren im Harn nicht höher, sondern sogar immer niedriger sind als bei Gaben von 35 g. Das hängt damit zusammen, dafs bei 100 g Kakao dem Organismus eben mehr Stickstoff zugeführt wurde. Mithin brauchte er weniger von seinem Bestande abzugeben. Die Zahlen betrugen:

Adler-Kakao .	1. Tag	3,83 g N	im Harn	35 g Kakao
» » .	2. »	3,58 g N	» »	100 g »
Monarch-Kakao	1. »	3,42 g N	» »	35 g »
» » .	2. »	3,05 g N	» »	100 g »

Im übrigen verraten die Zahlen auch, dafs der Organismus sich bestrebte, wieder allmählich ins Stickstoffgleichgewicht zu gelangen. Das beweist die allmähliche Veränderung des ausgeschiedenen Harnstickstoffs bei gleichzeitigem allmählichen Steigen der Stickstoffbilanz von — 3,35 auf — 3,31.

Wie sehr jedoch der Körper in Mitleidenschaft gezogen wurde, zeigt die Veränderung des Körpergewichtes, welches von 74 kg auf 73,1 kg binnen 4 Tagen sank.

Über den Anteil des Theobrominstickstoffs im Harnstickstoff kann man ganz bestimmte Angaben nicht machen, da mir nur fremde Angaben über den Theobromingehalt der einzelnen Kakaosorten zur Verfügung standen, und deren Gehalt auch schwankend ist.

Nehmen wir an, dafs, hoch gerechnet, in 135 g stark entfettetem Kakao 2 g Theobromin vorhanden gewesen seien, so würden bei einem Gehalt von ca. 30% Stickstoff 0,60 g Theobrominstickstoff in den Körper in diesen 2 Tagen aufgenommen worden sein. Davon gehen nach Angaben von Rost[1]) ca. 20% in den Harn unzersetzt über. Von den 7,41 g Harnstickstoff in der Adler-Periode und den 6,47 g Monarch-Periode gehören alsdann 0,12 g dem Theobrominstickstoff an. Irgendwelche praktische Bedeutung hat diese Tatsache aber für die Bewertung des Kakaos nicht.

Eine nach allen anderen Erfahrungen auffallende Tatsache soll hier noch registriert werden. Während bei so grofsen Mengen Theobromin, welche alle Erscheinungen einer akuten Vergiftung ebenso wie in dem ersten grofsen Versuch auch diesmal hervorbrachten, eine bedeutende diuretische Wirkung zu verzeichnen ist, war dieselbe in meinen Versuchen nicht oder kaum wahrzunehmen.

X. Periode. Nachperiode: Nahrungszufuhr war dieselbe wie in der Vorperiode. Da die Kalorienmenge wieder auf die normale Höhe von 2575 stieg, der Kakao aus der Nahrung weggelassen wurde und dafür die Nahrung der Vorperiode eintrat, fiel auch die Minusbilanz bis auf — 0,3. Sie erreichte nicht ganz die Höhe der Vorperiode, weil der Organismus durch die vorherige Periode zu sehr in Mitleidenschaft gezogen war. Der Trockenkot betrug wieder im Mittel 43,2 g, auch der Kotstickstoff näherte sich seinem früheren Werte. Der Harnstickstoff stieg zur selben Höhe wie in der Vorperiode.

1) Rost a. a. O.

2) Drusen, Pflügers Archiv.

Es war damit bewiesen, dafs der Organismus in seinen Funktionen nicht beeinträchtigt worden war und die Resultate als zuverlässig angesehen werden konnten.

XI. Periode. Kakaoölperiode: eingeführt 45 g ausgeprefstes Kakaoöl und gemischte Nahrung. Als wichtigstes Ergebnis dieser Periode ist die Ausnutzung des reinen Kakaoöls anzusehen. Sie beträgt 94,7 % und kommt der des tierischen Fettes fast genau gleich. Die Ausnutzung des Fettes der gemischten Nahrung in der Vorperiode betrug 94,9 %, die der Nachperiode 95,2 %. Die gefundene Menge stimmt übrigens mit den früher gefundenen Zahlen ausgezeichnet überein, und sie bestätigt gleichzeitig, dafs das Kakaoöl, wenn es ausgeprefst genossen wird, besser zur Verwendung kommt, als wenn es im Kakao eingeschlossen zur Resorption gelangen soll.

Interessant ist in dieser Periode auch, wie bereits im vorigen Versuch beobachtet, dafs infolge einer sehr hohen Käseeinfuhr der Trockenkot und Kotstickstoff der Normalperiode gegenüber sinkt und der Harnstickstoff steigt.

	Kotstickstoff	Harnstickstoff	Kotmenge (trock.)
Normalperiode:	2,62	12,22	43,2
Kakaoölperiode:	2,34	13,05	41,9

Übersicht über die Verwertung und Ausnutzung des Kakaostickstoffs in beiden Versuchen.

1. Die Ausnutzung des Stickstoffs in der normalen Nahrung beträgt bei mir im Mittel 83 %.

I. Vers.	Vorperiode.	Gem. Nahrg. (Wurst, Brot, Käse)	82,5 %
I. »	Nachperiode.	» » » » »	82,0 »
II. »	Vorperiode.	» » » » »	82,9 »
II. »	Nachperiode.	» » » » »	82,5 »
II. »	Kakaoölper.	» » » » »	84,3 »

2. Die Ausnutzung des Stickstoffs im Kakao ist je nach Umständen verschieden. Sie ist abhängig:

a) Ob Kakao allein genossen wird oder mit anderer Nahrung.

Bei Einnahme von Kakao allein ohne jede andere Nahrung ist die Ausnutzung des Stickstoffs am geringsten.

II. Vers. VIII. Periode. Adlerkakao 45 %.

b) Bei der Einnahme des Kakaos in Gemeinschaft mit anderer Nahrung ist sie abhängig von:

I. Der Menge des Kakaos. Es kann nur der Ausnutzungseffekt der Gesamtnahrung, mit welcher der Kakao mitgenossen wurde, angegeben werden.

Je mehr Kakao zur Nahrung gegeben wird, desto mehr sinkt die Ausnutzung.

I. Vers.	II. Per.	Gem. Nahrg.	+ 100 g Kakao m.	34,2 % Fett	56 %
I. »	V. »	» »	+ 30 g »	» 34,2 »	» 75,2 »

II. Dem Fettgehalt des Kakaos.

Je mehr Fett dem Kakao entzogen wird, desto mehr sinkt seine Ausnutzung.

I. Vers.	II. Per.	Gem. Nahrg.	+ 100 g Kakao mit	34,2 % Fett	. . . .	56, %
I. »	III.	» » »	+ 100 » »	» 15,2 »	»	52 »
I. »	V.	» » »	+ 35 » »	» 34,2 »	»	75,2 »
II. »	II.	» » »	+ 35 » »	» 30,8 »	» (v. Houten)	78,4 »
II. »	IV.	» » »	+ 35 » »	» 24,3 »	» (3 Männer)	77,6 »
II. »	V.	» » »	+ 35 » »	» 27,6 »	» (Kak. vero)	79,1 »
II. »	VII.	» » »	+ 35 » »	» 33,0 »	» (Suchard) .	77,1 »
II. »	VI.	» » »	+ 35 » »	» 15,2 »	»	73,4 »
II. »	III.	» » »	+ 35 » »	» 18,5 »	» (Monarch) .	73,2 »
II. »	VI.	» » »	+ 35 » »	» 12,4 »	» (Pfennig) .	71,4 »
II. »	VIII.	» ohn. jed. Nhg.	nur 100 » »	» 34,2 »	»	45,0 »
II. »	IX.	» » » »	» 100 » »	» 15,2 »	»	24,8 »

III. Dem Schalengehalt des Kakaos. Bei gröfserem Schalengehalt sinkt die Ausnutzung.

I. Versuch. VII. Periode. Gemischte Nahrung + 35 g Kakao mit 16,8 % Fett (Bahia) 71 %.

IV. Der Art der Nahrung.

Es kommt darauf an, ob in den Vordergrund der Nahrung Fleischeiweifs oder Milcheiweifs tritt. Bei Milchnahrung ist die Gesamtausnutzung des Stickstoffs günstiger als bei Fleischnahrung. Jedoch ist dabei die Milch resp. das Fleisch, nicht der Kakao die Ursache.

I. Versuch. II. Periode. Gemischte Nahrung (Brot, Wurst, Käse) + 100 g Kakao mit 34,2% Fett 56%.

I. Versuch. VIII. Periode. Gemischte Nahrung (Brot, Käse) + 150 g Kakao mit 34,2% Fett 63%.

3. Der Kakao kann als Nahrungsmittel angesehen werden, denn sein Stickstoff kann einen Teil des Nahrungseiweißes ersetzen.

I. Versuch. III. Periode. Gemischte Nahrung + Kakao hatte den Körper im Stickstoffgleichgewicht gehalten — 0,46.

I. Versuch. IV. Periode. Dieselbe Nahrung ohne Kakao zeitigte eine Minusbilanz von — 2,27.

4. Der Kotstickstoff steigt und fällt mit dem Steigen und Fallen des Trockenkotes:

		Trockenkot	Kotstickstoff
I. Vers. I.—VI. Per.	I.	43	2,7
	II.	103	6,77
	III.	132	7,38
	IV.	37	2,18
	V.	60	3,81
	VI.	65,2	4,10.

Der Kotstickstoff nimmt im dem Maſse zu, in welchem das Kakaopulver entfettet wird.

I. Vers.	II. Per.	Gem. Nahrg.	+ 100 g Kakao	mit	34,2% Fett	. . . .	6,77 g
I. ›	III. ›	› ›	+ 100 ›	› ›	15,2 ›	›	7,38 ›
I. ›	V. ›	› ›	+ 35 ›	› ›	34,2 ›	›	3,81 ›
I. ›	VI. ›	› ›	+ 35 ›	› ›	15,2 ›	›	4,10 ›
II. ›	II. ›	› ›	+ 35 ›	› ›	30,8 ›	› (v. Houten)	3,24 ›
II. ›	III. ›	› ›	+ 35 ›	› ›	13,5 ›	› (Monarch) .	4,02 ›
II. ›	V. ›	› ›	+ 35 ›	› ›	27,6 ›	› (Kak. vero)	3,18 ›
II. ›	VI. ›	› ›	+ 35 ›	› ›	12,4 ›	› (Pfennig) .	4,28 ›

6. Mit der Steigerung des Kotstickstoffs geht eine Verminderung des Harnstickstoffs einher und umgekehrt.

		Kotstickstoff	Harnstickstoff
Z. B. I. Vers. I.—IV. Per.	I.	2,7 g	12,35 g
	II.	6,77 ›	9,49 ›
	III.	7,38 ›	8,44 ›
	IV.	2,18 ›	10,92 ›.

Übersicht über die Verwertung des Kakaofettes in beiden Versuchen.

1. Die Fettausnutzung bei gemischter Nahrung beträgt bei mir ca. 95 %.

I. Versuch.	Vorperiode	. .	95 %
I.	»	Nachperiode . .	95,1 %
I.	»	IV. Periode . .	95,7 »
II.	»	Vorperiode . .	94,9 »
II.	»	Nachperiode . .	95,2 ».

2. Die Ausnutzbarkeit des Kakaoöls unterliegt ganz ähnlichen Schwankungen wie die des Kakaostickstoffs und ist auch im ganzen auf ähnliche Umstände zurückzuführen.

a) Im ausgepreſsten Zustande wird es genau so gut wie animalisches Fett ausgenutzt.

II. Vers. Nachperiode. Normale Nahrung m. animal. Fett 95,2 %
II. » Vorperiode. » » » » » 94,9 »
II. » Kakaoölperiode. » » » Kakaoöl . . 94,7 ».

b) Im nichtausgepreſsten Zustande, also im Kakao selbst, ist die Ausnutzung geringer als beim animalischen Fett, es kommt jedoch darauf an, ob

I. gröſsere oder kleinere Mengen Kakao genossen werden.

Bei groſsen Kakaogaben, bei denen viel Kot erzeugt wird, ist die Ausnutzung des Fettes der Gesamtnahrung ungünstiger.

I. Vers. II. Per. Gem. Nahrg. + 100 g Kakao m. 34,2 % Fett 89 %
I. » VIII. » » » + 100 g » » 34,2 » » 89,6 ».

Bei alleinigen Gaben von Kakao ohne andere Nahrung tritt die Ausnutzung des Kakaofettes noch mehr zurück.

II. Versuch. VIII. Periode. Kakao allein mit 34,2 % Fett. 87,1 %.

Werden bei gemischter Nahrung kleinere Kakaogaben verabreicht, so steigt die Ausnut-

zung des Fettes der Gesamtnahrung wieder, sie bleibt aber stets niedriger als die Ausnutzung der Normalnahrung ohne Kakao.

I. Vers.	V. Per.	Gem. Nahr.	+ 35 g	Kak. m.	34,2 %	Fett	93,9 %
II. »	II. »	» »	+ 35 g	» »	30,8 »	» (v. Houten)	93,8 »
II. »	IV. »	» »	+ 35 g	» »	24,3 »	» (3 Männer)	93,4 »
II. »	V. »	» »	+ 35 g	» »	27,6 »	» (K. vero)	94,2 »
II. »	VII. »	» »	+ 35 g	» »	33,0 »	» (Suchard)	93,9 »

II. Hängt die Ausnutzung des Fettes davon ab, ob wir es mit einem fettreichen oder einem fettarmen Kakao zu tun haben.

Ein fettreicher Kakao liefert mehr ausnutzbares Fett und führt eine bessere Gesamtfettausnutzung der Nahrung herbei als ein fettarmer Kakao.

I. Vers.	II. Per.	Gem. Nahr.	+ 100 g	Kakao m.	34,2 Fett	89 %
I. »	III. »	» »	+ 100 g	» »	15,2 »	86,3 »

Wird der fettarme Kakao allein ohne andere Nahrung genommen, so erreicht die Ausnutzung ihr Minimum.

II. Vers. IX. Per. Kakao allein 100 g mit 13,5 % Fett 82,8 %.

Werden die eingeführten Kakaomengen vermindert, so hebt sich die Fettausnutzung der Gesamtnahrung wieder. Der fettärmere Kakao steht aber auch bei kleinen Dosen dem fettreicheren nach.

I. Vers.	V. Per.	Gem. Nahr.	+ 35 g	Kakao mit	34,2 %	Fett	93,9 %
II. »	VII. »	» »	+ 35 g	» »	33,0 »	»	93,9 »
I. »	VI. »	» »	+ 35 g	» »	15,2 »	»	92,4 »
I. »	VII. »	» »	+ 35 g	» »	16,8 »	»	92,7 »
II. »	III. »	» »	+ 35 g	» »	13,5 »	»	92,7 »
II. »	VI. »	» »	+ 35 g	» »	12,4 »	»	92,1 »

Untersuchungen und Beobachtungen über Temperaturen des Getränkes, Suspensionsfähigkeit und Korngröße des Pulvers, über Geruch, Geschmack, Aroma, Verdaulichkeit und Bekömmlichkeit des Kakaos.

Aufser den beiden wichtigsten Punkten, der Eiweifs- und Fettverwertung, welche den Nahrungswert des Kakaos in erster Linie bedingen, treten noch andere Dinge, die für die Güte und den Genufswert eine grofse Rolle spielen, in den Vordergrund. Es sind die Temperatur des Getränkes, die Suspensionsfähigkeit und Korngröfse des Pulvers, der Geruch, Geschmack, die Verdaulichkeit und Bekömmlichkeit.

Soll der Kakao ein Genufsmittel sein, dann müssen die mit den Sinnen wahrzunehmenden Eigenschaften einen angenehmen und wohltuenden Eindruck ausüben und hinterlassen.

Auf das Auge wirkt die Suspension des Kakaopulvers im Wasser, auf die Zunge der Geschmack, auf das Geruchsorgan das Aroma, auf das Gefühl die Temperatur des Getränkes.

Temperatur.

Wie heifs Getränke genossen werden können, ist bei einzelnen Individuen sehr verschieden. Anderseits kommt es auch sehr auf die Zusammensetzung an, ob wir ein wäfsriges oder fetthaltiges Getränk oder eine Flüssigkeit mit suspendiertem Pulver zu uns nehmen. Jedenfalls ist die Temperatur auch für den Kakao, wenn er nach einmaligem Aufkochen vom Feuer heruntergenommen ist und 95—90° beträgt, für Trinkzwecke viel zu hoch. Erst bei niederen Temperaturen kann er dem Körper zugeführt werden.

Auf Grund mehrfacher Prüfungen fand ich dafür folgende Anhaltspunkte:

7,5 g Kakao (eine kräftige Dosis für eine grofse Obertasse) wurden mit kaltem Wasser angerührt, auf 250 ccm aufgefüllt und einmal aufgekocht. Die Temperatur des Getränkes betrug nach Übergiefsen in eine angewärmte Tasse 95°.

Nach	Min.	sank die Temp. auf		Bemerkung
Nach	1	Min. sank die Temp. auf	98°	Wegen zu großer Hitze ungenießbar.
›	2	› › › › ›	92°	
›	4	› › › › ›	86°	
›	5	› › › › ›	83°	
›	6	› › › › ›	80°	
›	8	› › › › ›	75°	Noch zu heiß, auch in kleinen Mengen mit dem Löffel kaum zu nehmen.
›	9	› › › › ›	72°	
›	10	› › › › ›	70°	Sehr heiß, aber in kleinen Mengen mit dem Löffel gut zu nehmen, selbst kleine Schlucke verursachen kein Verbrennen mehr.
›	12	› › › › ›	66°	
›	13	› › › › ›	64°	Angenehm heiß, bereits in größerer Menge trinkbar.
›	15	› › › › ›	61°	*Sehr warmes Getränk, Genußreichste Temperatur!*
›	18	› › › › ›	55°	Warm, noch mit Genuß zu nehmen.
›	20	› › › › ›	50°	Halbwarm.
›	22	› › › › ›	47°	
›	24	› › › › ›	45°	Lauwarm. Der Genuß beim Trinken ist bereits wesentlich herabgesetzt.
›	28	› › › › ›	40°	Lau.
›	32	› › › › ›	35°	Das Getränk ruft bereits den Eindruck einer gewissen Kühle hervor.
›	35	› › › › ›	33°	
›	40	› › › › ›	30°	

Hiernach würde sich die Temperaturbreite für den mit Genuß zu trinkenden Kakao über 40—75° im Maximum erstrecken und innerhalb dieser Grenzen dürfte sich das Getränk physikalisch, d. h. in *seiner homogenen Verteilung* nicht verändern.

Wie aus der Tabelle anderseits hervorgeht, erniedrigt sich die Temperatur des Getränkes in der offenen Obertasse 95° bis 40° innerhalb 30 Minuten und so müßte die *Suspension des Kakaos* bis dahin mindestens erhalten bleiben.

Versuche in dieser Richtung habe ich mit sämtlichen im Stoffwechsel untersuchten Handelssorten vorgenommen und zum Teil recht interessante Beobachtungen machen können.

Suspension.

Es ist ohne weiteres klar, daß ein Kakao, dessen Aufschwemmung im Wasser sich leicht wieder entmischt und einen Teil des Pulvers alsbald wieder zu Boden fallen läßt, einem

andern Präparate, welches längere Zeit homogen verteilt bleibt, wesentlich nachsteht. Die in Betracht gezogenen Kakaosorten verhielten sich in dieser Beziehung sehr verschieden, je nachdem ihre chemische Zusammensetzung, ihre Korngröfse und wohl auch ihre Aufschliefsungsweise variierte.

Da in undurchsichtigen Porzellantassen eine Veränderung in der Mischung nicht zu beobachten war, bediente ich mich gleichmäfsig gearbeiteter, graduierter Glaszylinder von 25 cm Höhe und 3 cm lichter Weite, die oben mit einem durchbohrten Kork, in welchem ein Thermometer eingesetzt war, verschlossen wurden. Zur Aufschwemmung resp. zum fertigen Kakaogetränk dienten 5 g Kakaopulver zu 250 ccm Wasser, welches nach einmaligem Aufkochen und Abkühlenlassen bis 90° in die Zylinder eingeführt wurde. Das Thermometer reichte bis in die halbe Höhe des Zylinders.

Es mufsten nun zunächst genaue Ermittelungen über den Temperaturabfall des Getränkes in dem Glaszylinder erhoben werden, weil die Abkühlungsverhältnisse hier natürlich ganz andere waren wie in der offenen Tasse, und so zeigte sich alsbald, dafs die Temperaturbreite von 75°—40° nicht in 30 Minuten bereits, sondern erst in ca. 1 Stunde durchlaufen war.

Dadurch war es auch möglich, sich über die Suspensions- resp. Entmischungsverhältnisse der einzelnen Handelssorten ein noch genaueres Bild zu verschaffen. Es konnten so die in dieser Beziehung wertvolleren Kakaosorten besser hervortreten, weil an die Homogenität der Mischung gröfsere Anforderungen gestellt wurden.

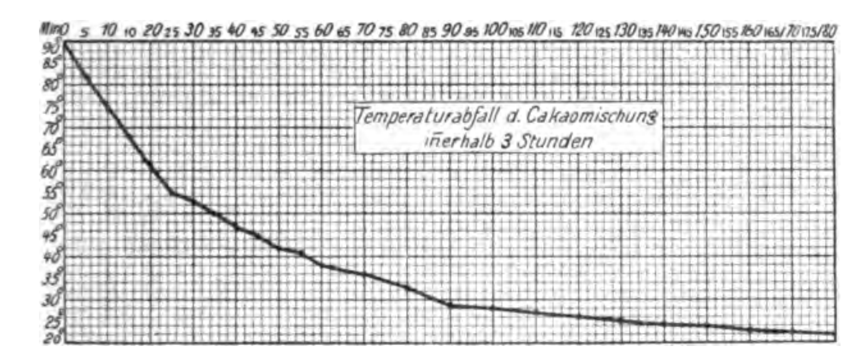
Die Beobachtungen über das Absinken der Temperatur wurden bis auf weitere 3 Stunden ausgedehnt, wo dieselbe der Zimmertemperatur von 22° gleichkam.

Die Zahlen sind folgende:

Anfangstemperatur: 90°.

Nach	2	Min.	87°	Nach	40	Min.	47°
»	3	»	85°	»	45	»	45°
»	5	»	82°	»	50	»	42°

Nach	7	Min.	78°	Nach	55	Min.	41°
»	10	»	75°	»	60	»	38°
»	12	»	72°	»	70	»	36°
»	15	»	68°	»	80	»	33°
»	18	»	65°	»	90	»	29°
»	20	»	61°	»	100	»	28°
»	22	»	58°	»	110	»	27°
»	25	»	55°	»	120	»	26°
»	30	»	53°	»	3	Std.	22°
»	35	»	50°				



Aus den Zahlen und der Kurventabelle ist deutlich zu entnehmen, dafs der Temperaturabfall in der ersten halben Stunde am intensivsten ist, während die Temperatur alsdann viel allmählicher absinkt, und wir werden sehen, dafs auch die wichtigsten Erscheinungen der Kakaoentmischung bereits in den ersten 30 Minuten zu beobachten sind.

Bringt man die Kakaomischung bis auf 80° abgekühlt in den Zylinder, so verläuft der Temperaturabfall zwar ganz parallel der oberen Kurve, aber die Temperatur sinkt in relativ kürzerer Zeit, so dafs man z. B. schon nach 30 Min. an Stelle von 53° 40° beobachten kann.

Der Entmischungsprozefs ist übrigens nur zum Teil von dem Abfall der Temperatur abhängig, denn auch andere angestellte Versuche bewiesen, dafs die Kakaogemische, wenn sie 30 Min. bis 1 Std. bei 80° gehalten sind, ebenfalls einen Bodensatz absetzten.

Ganz anders verhalten sich, wie wir später sehen werden, Kakaogemische, welche bereits aufgekocht und wieder abgekühlt und dann von neuem aufgeschüttelt wurden, und wieder andere Resultate geben solche Kakaogemische, welche aufgekocht und abgekühlt, umgeschüttelt und wieder aufgekocht wurden.

Zu den Versuchen über die Suspension der mit Wasser angerührten und einmal aufgekochten Kakaos (5:200) wurden benutzt:

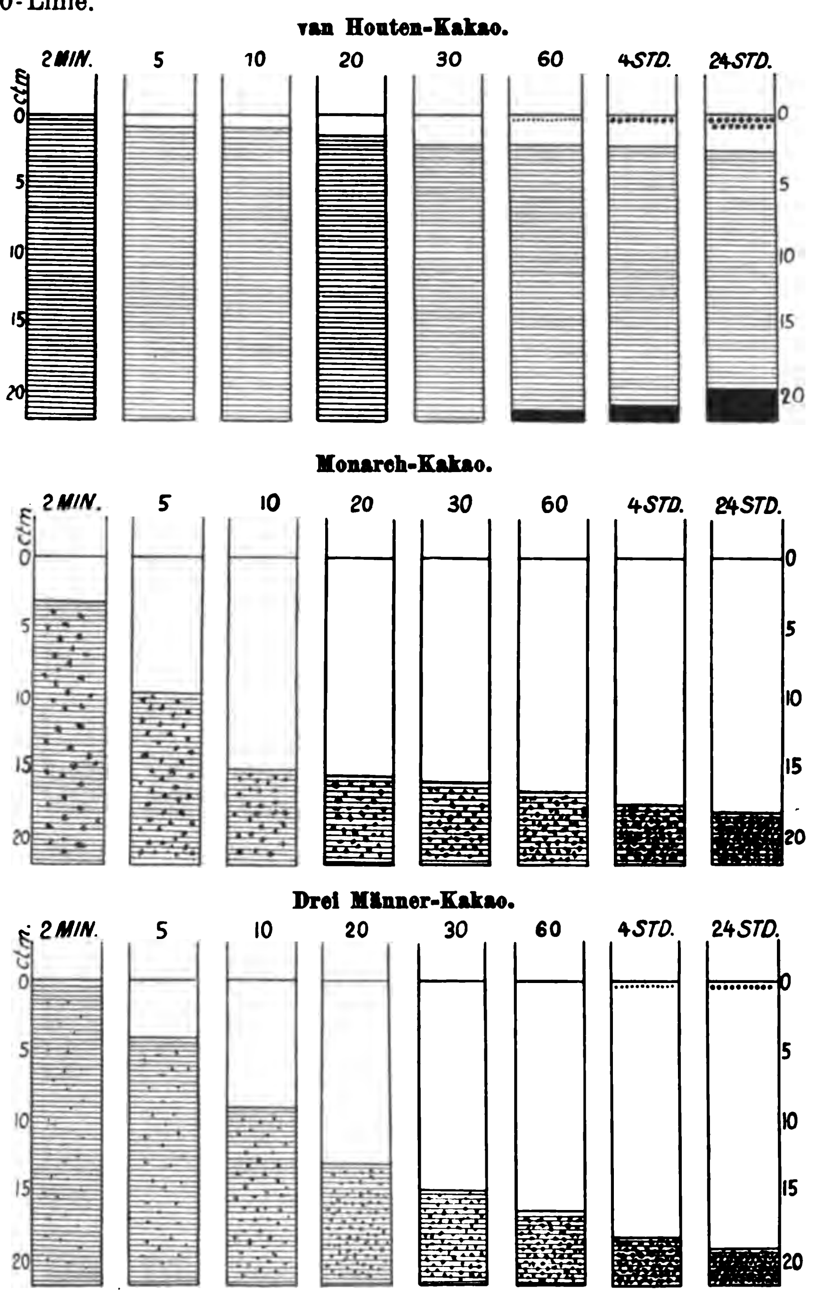
Van Houtens Kakao
Reichardts Monarch Kakao,
Reichardts 3 Männer-Kakao,
Hartwig & Vogels Kakao vero,
Reichardts Pfennig-Kakao,
Suchards Kakao,
Stollwercks Adler-Kakao.

Die Beobachtungen erstreckten sich auf eine Dauer bis zu 3 Tagen. Bis zu 1 Std. wurden alle 2 Min. Aufzeichnungen gemacht, bis zu 12 Std. alle Stunden, alsdann in längeren Zwischenräumen.

Da es zu weit führen würde, alle Beobachtungen wiederzugeben, habe ich in folgenden Tabellen bei jeder Kakaosorte acht markante Punkte herausgegriffen, die genügend gut über die Veränderungen des Getränkes orientieren. Es sind das die jeweiligen Beobochtungen, bei 2, 5, 10, 20, 30, 60 Min., 4 Std. und 24 Std darin niedergelegt.

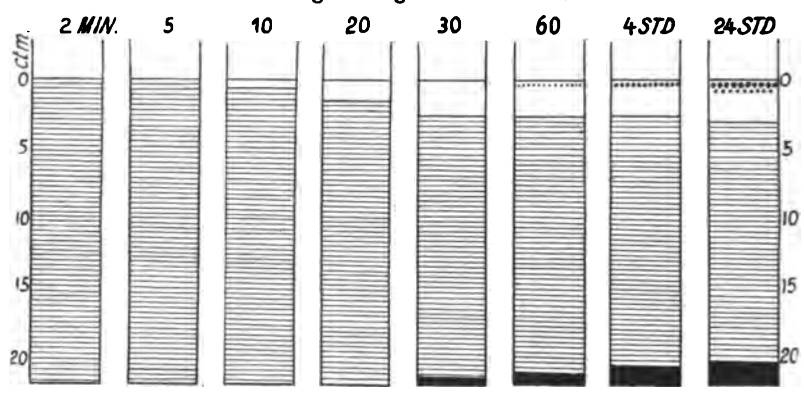
Die graphische Darstellung ist leicht zu verstehen: Jedes Feld bedeutet einen Zylinder, welcher bis zur Marke 0 mit Kakaoaufschwemmung gefüllt ist. Die Höhe des Zylinders von 0—22 ist in cm ausgedrückt. Die grau gemalten Felder bedeuten homogene Suspension; die Punkte in den grauen Feldern zeigen ein krümeliges Ausfallen der Mischung an. Die hellen Felder über den grauen sollen die mehr oder weniger wässerige Flüssigkeit anzeigen, die über dem Gemisch sich nach Ausfällen des Pulvers bildet. Am Boden der Zylinder sich bildende Bodensätze von den am schnellsten sich absetzenden Teilchen sind dunkelgrau angedeutet, das in die

Höhe gestiegene Fett durch schwarze Punkte an der 0-Linie.

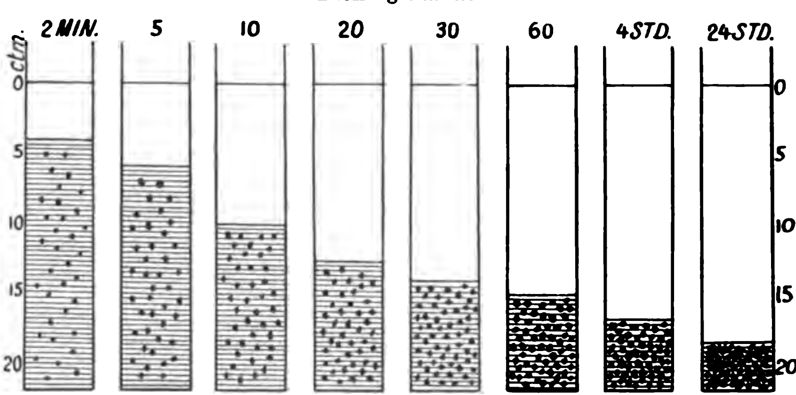




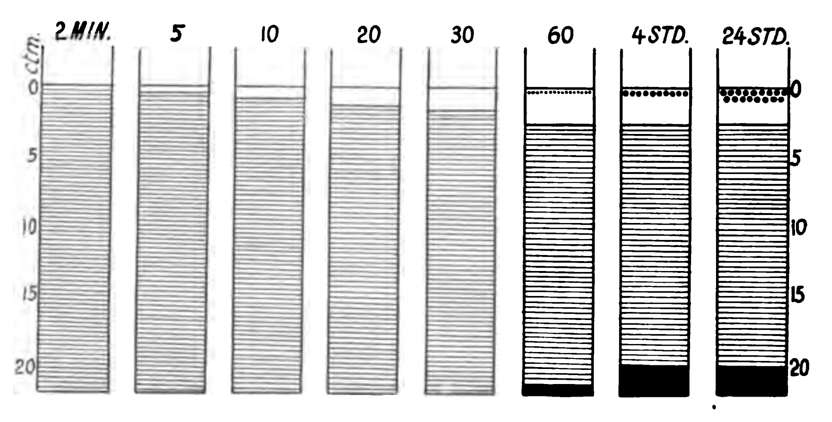
Hartwig & Vogel-Kakao vero.



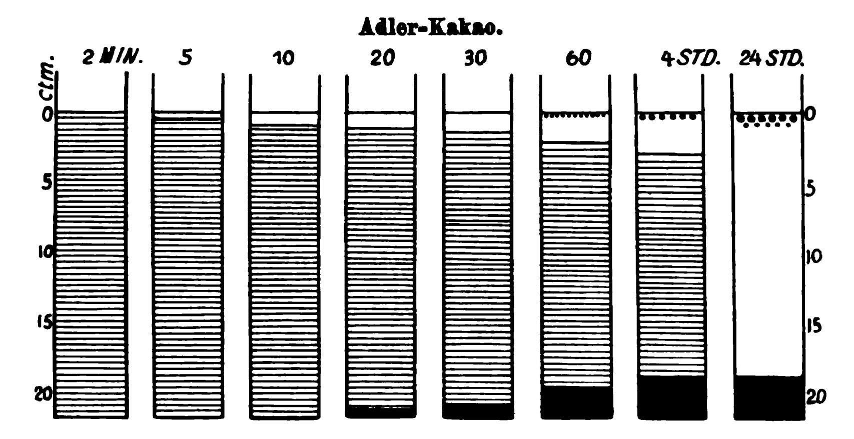
Pfennig-Kakao.



Suchard-Kakao.



Adler-Kakao.



Die Ergebnisse stellen sich folgendermafsen dar:

1. Kakao van Houten mit 30,8 % Fett.

Der Kakao wird 80° heifs in den Zylinder gefüllt.

Nach 2 Min. noch keine Veränderung.
» 5 » entsteht im oberen Teil der Flüssigkeitssäule eine klarere bräunliche Zone von 0,5 cm Breite, die
» 10 » auf 1,2 cm,
» 20 » auf 1,6 cm sich verbreitert.
» 30 » beginnt sich ein ganz geringer Bodensatz zu bilden, der
» 60 » auf 0,5 cm angestiegen ist. Die klarere Zone im oberen Teil hat kaum zugenommen, auch die Suspension ist vorzüglich erhalten geblieben. An der Oberfläche der Kakaomischung beginnt sich Fett fest abzuscheiden, da die Temperatur unterdessen stark gesunken ist.
» 4 Std. beträgt der Bodensatz 1 cm Höhe,
» 24 » 2,3 cm Höhe. Die klarerere Zone hat sich bis auf 2,5 cm verbreitert.

Die ganze Mischung ist natürlich im ganzen dünner geworden, da sich am Boden ja viel angesammelt hat, immerhin blieb sie homogen und fiel nicht auseinander.

2. Kakao Monarch Reichardt mit 13,5 %.

Im Gegensatz zum vorigen Kakao tritt bereits

nach 1—2 Min. eine Entmischung der ganzen Aufschwemmung insofern ein, als dieselbe krümelig wird und alsbald in sich zusammensintert. Das Absinken geht sehr rasch, denn schon
» 2 » ist eine 3 cm hohe klarere Zone entstanden, die
» 5 » auf 10, nach 10 Min. auf 15 cm sich verbreitert hat. Der Niederschlag wird dichter und dichter, die darüber stehende Flüssigkeit wässerig. Schon nach 10 Minuten kann man

den Kakao als vollständig entmischt bezeichnen, da mehr als $^3/_4$ des aufgeschwemmten Pulvers zu Boden gesunken sind.

Nach 24 Std. beträgt der Bodensatz 4,5 cm.

3. 3 Männer-Kakao Reichardt mit 24,3 %.

Hier treten ganz ähnliche Entmischungsverhältnisse auf wie beim »Monarch«-Kakao. Der krümelige Niederschlag scheint aber etwas feiner, wenigstens fällt er feinflockiger aus. Beim Abkühlen des Getränkes scheidet sich an der Oberfläche Fett ab, analog dem Fettgehalt des Pulvers, während beim »Monarch« die Fettausscheidung kaum zu beobachten war. Die über dem Niederschlag stehende klare Zone ist wässeriger und durchscheinender als beim »Monarch« und beim »Pfennig«-Kakao.

4. Hartwig & Vogel. Kakao Vero mit 27,6 % Fett.

Der Kakao Vero ähnelt in seiner Suspensionsfähigkeit fast genau dem Kakao van Houten. Er ist nach 5 Min. noch vollständig suspendiert. Die obere klarere Zone war durchgehends nicht scharf abgesetzt. Bis zu 24 Std. noch sehr gute Suspension, die auch nach 3 Tagen im wesentlichen vorhanden war. Der Bodensatz war nach 24 Std. nur 1,5 cm breit, auch nach 3 Tagen nur 3 cm.

5. Pfennig-Kakao Reichardt mit 12,4 % Fett.

Der Pfennig-Kakao unterscheidet sich von Monarch in seiner Suspension kaum. Beide ähneln in ihrer Beschaffenheit ganz auſserordentlich.

6. Kakao Suchard mit 33,0 % Fett.

Die Verhältnisse liegen ähnlich wie bei van Houtens Kakao und wie bei Kakao Vero. Die Suspension hält bis zu 1 Std. vorzüglich an, erst dann beginnt ein geringer Bodensatz sich zu bilden. An die Oberfläche der klareren Zone, die zum Teil wolkig ist wie bei Hartwig & Vogel-Kakao, sondert sich alsdann eine dunkelbraune noch klarere Schicht ab, die allmählich immer gröſser wird und nach 3 Tagen fast bis auf den Bodensatz reicht. Fett wird in gröſserer Menge an der Oberfläche ausgeschieden.

7. Stollwercks Adler-Kakao mit 34,2 % Fett.

Die homogene Suspension fängt nach ca. 10 Min. an, sich an dem oberen Teil der Flüssigkeit in eine wolkige schmale Zone zu scheiden, von der sich nach ca. 40 Min., ähnlich wie bei Kakao Suchard, eine zweite braune klarere von noch geringerer Breite absondert. Die Senkung feinster Teilchen, die makroskopisch sichtbar sind, geht etwas rascher vorwärts, so daſs bereits noch 20 Min. ein Bodensatz von 0,5 cm entstanden ist. Derselbe wächst innerhalb 1 Std. zu 2 cm, in 4 Std. zu 3 cm. Nach 24 Std. sind die suspendierten Bestandteile fast alle zu Boden gesunken. Die überstehende Flüssigkeit enthält nur noch geringe Mengen in der Schwebe.

Aus diesen Beobachtungen ist zunächst zu entnehmen, dafs unter den untersuchten Kakaosorten sich zwei Gruppen erkennen lassen. Die eine, in der sich der Kakao lange suspendiert hält, die andere, in der sich das Kakaopulver nach ganz kurzer Zeit zu Boden setzt. In letztere gehören die Reichardtschen Kakaos: Pfennig-, Monarch- und 3 Männer-Kakao.

Fassen wir den bei den Temperaturuntersuchungen der in offenen Tassen trinkfertigen Kakaos gefundenen Zeitintervall von 8—32 Min. ins Auge, in welchem die Temperatur des Getränkes von 75° — 40° die für den Genufs geeignetste ist, so sieht man, dafs die Kakaos von Suchard, Stollwerck, van Houten und Hartwig & Vogel in dieser Zeit vollkommen suspendiert bleiben; die schwebenden Bestandteile senken sich selbst bis zu 1 Std. um nur ca. 10% der Flüssigkeitssäule, während die Reichardtschen Kakaos schon nach 20 Min. bis zu mehr als der Hälfte, bei 60 Min. aber bis zu 75% der Flüssigkeitssäule herabgesunken sind.

Da die letzteren Sorten nach 10 Min. langem Stehen, ehe der heifse Kakao genossen werden kann (laut Tabelle sinkt die Anfangstemperatur von 93° im Verlaufe von 10 Min. auf 75°), bereits bis zur Hälfte ihre Bestandteile abgesetzt haben, so würde man jedesmal vor dem Trinken genötigt sein die Mischung von neuem zu verteilen, während die anderen Handelssorten vor Eintritt der Temperatur von 75° überhaupt keine Einbufse in ihrer Suspension erleiden.

Interessant sind für die Frage der Suspension noch jene Versuche, die ich mit dem erkaltenden Kakao in denselben Zylindern anstellte. Die Kakaomischungen werden, da sich bei den meisten ein erheblicher Teil des Fettes an der Oberfläche ausgeschieden hatte, 10 Min. lang kräftig geschüttelt und nun die Entmischung weiter beobachtet.

Es zeigte sich hierbei, dafs unter diesen Umständen eine Entmischung des Kakaos erst ganz spät, bei einzelnen Sorten nach 10—20 Std. eintrat. Sogar die leicht sedimentierenden Produkte Pfennig-Kakao und Monarch-Kakao liefsen erst

nach einer Stunde einen geringen Bodensatz von 0,3 resp. 0,5 cm erkennen.

Bei 30 Min. bestand in allen Präparaten noch eine homogene Mischung ohne Bodensatz, mit Ausnahme von 3 Männerkakao und Adlerkakao, bei welchen der Bodensatz 1,2 cm resp. 1 cm betrug. Innerhalb 24 Std. stieg der Bodensatz bei allen Sorten auf 2,5—3 cm mit Ausnahme von Kakao Suchard. Hier war er am geringsten und betrug nur 1,8 cm. Letzterer hatte sich in seiner Suspension am besten konserviert. Die über dem Bodensatz stehende Flüssigkeitssäule aller Sorten enthielt noch einen erheblichen Teil des Kakaopulvers, so dafs das Getränk noch keineswegs entmischt aussah.

Kocht man dieses Kakaogemisch nun noch einmal auf, und stellt auf diese Weise den Modus der ersten Versuchsreihe wieder her, so treten fast dieselben Phasen der Entmischung auch in bezug auf die Zeit auf, wie wir sie bereits sahen. Binnen 20—30 Min. sind die Reichardtschen Kakaos bis zur Hälfte zu Boden gesunken, die übrigen halten sich noch in Suspension. Es scheint, als ob beim einmal gekochten und erkalteten und wieder aufgekochten Kakao die suspendierten Teile krümeliger und leichter ausfielen.

Nach 4 Stunden zeigten Monarch, Pfennig und 3 Männerkakao 5, 5,5 und 4,5 cm Bodensatz, Suchard ebenfalls 4,5, Hartwig & Vogel 3,5, Adler 2,5, van Houten 3 cm. Die ersteren hatten sich demnach ziemlich gleich wie im ersten Versuch gehalten; von Suchard, Hartwig & Vogel und van Houten war mehr, vom Adlerkakao weniger ausgefallen.

Fragen wir nach der Ursache dieser verschiedenen Befunde, so dürfte für die Suspension beim frisch bereiteten Kakao und für die beim abgestandenen die Temperatur die erste Rolle spielen und mit ihr die Verteilung des Fettes, die im geschmolzenen Zustande bei heifsem Kakao ganz anders wirkt, als wenn es nur im abgestandenen kalten Kakao zerschüttelt und in Fragmente zerkleinert der Aufschwung beigemischt ist. Das wird auch schon dadurch bewiesen, dafs die Versuche nach dem ersten Modus und dem dritten im ganzen übereinstimmende

Tatsachen ergeben haben, während die mit kaltem Kakao, bei dem sich das Fett als feste Masse bereits ausgeschieden hatte, ganz andere Resultate zeitigten.

Die Wirkung der Suspension überhaupt ist aber abhängig von der Aufschliefsungsmethode des Kakaos, dem Fettgehalt und der Korngröfse desselben. Dafs die erstere einen heilsamen Einflufs ausübt, beweisen die ausführlichen Untersuchungen von Hüppe[1]) über diesen Punkt und die ausgezeichnete Suspension einer der untersuchten Handelssorten, von denen der van Houten-Kakao nach der holländischen Methode aufgeschlossen ist.[2])

Anderseits scheint mir aber auch der Fettgehalt eine ganz bedeutende Rolle zu spielen. Dies ist in den Suspensionsversuchen sehr drastisch zum Ausdruck gekommen, indem die Kakaosorten, denen sehr viel Fett abgeprefst wurde, wie Pfennig und Monarch sich nur sehr mäfsig oder kaum suspendiert erhielten, während die anderen Präparate von 25 und mehr Prozent Fett dies ausgezeichnet taten. Es leuchtet auch ohne weiteres ein, dafs die Kakaofragmente, auch wenn sie gar nicht so übermäfsig klein sind, doch einer längeren Suspension fähig sind, wenn, wie ich mich im mikroskopischen Präparate öfters überzeugen konnte, dieselben mit kleinsten Fettkügelchen dicht besetzt sind, resp. Fettzellen darstellen, denen das Fett noch nicht entzogen ist. Der Schlufs ist jedenfalls zweifellos berechtigt, dafs die Suspension um so mehr gefördert wird, je fettreicher der Kakao ist.

Ich kann mich in dieser Beziehung Hüppe nur anschliefsen, wenn er sagt, dafs eine übermäfsige Entfettung auch für diesen Punkt entschieden kein Vorteil ist.

Eine Beobachtung ist aber auffällig und pafst nicht in den Rahmen der Suspensionsförderung durch das Fett. Das ist die schnelle Entmischung des Kakaos »3 Männer« von Reichardt. Dieses Präparat enthält 24,3 % Fett, also noch einmal so viel wie

1) Hüppe, Untersuchungen über Kakao. Berlin, Hirschwald 1905.

2) Bei den anderen Sorten ist mir ein Aufschliefsungsverfahren nicht bekannt.

»Pfennigkakao« und doch setzen sich die suspendierten Bestandteile so schnell zu Boden wie bei Monarch- und Pfennigkakao, während sie doch z. B. beim Kakao von Hartwig & Vogel, welcher nur ca. 3,5% mehr Fett enthält, in homogener Mischung bleiben. Ich vermag für diese Tatsache die Erklärung nicht ohne weiteres zu geben; ob es an der Aufschliefsungsmethode liegt oder vielleicht an einem spezifisch schwereren Korn, welches leichter zu Boden sinkt, ist mir nicht möglich zu entscheiden. Die Aufschliefsungsmethode ist aber wohl kaum dafür verantwortlich zu machen, da ja 3 Männerkakao und Monarchkakao von denselben Bohnen stammen sollen.[1]) Für die letztere Auffassung vom spezifisch schwererem Korn könnten die im mikroskopischen Präparat sichtbaren auffällig vielen dicken Fragmente sprechen, die ich in jedem Präparat vorfand.

Korngröfse der Kakaosorten.

Da bei jeder Mischung von Pulver die Gröfse der einzelnen Partikelchen für die Suspension eine hervorragende Rolle spielt und beim Kakao die Gröfse der Fragmente aufser den obengenannten Punkten von wesentlicher Bedeutung zu sein schien, so habe ich die Gröfsenverhältnisse der Kakaofragmente bei den verschiedenen Handelssorten zu bestimmen versucht.

Es wurde 1 g Kakaopulver in 20 ccm Natronlauge ¼ Std. gekocht, dann 75 g Wasser zugesetzt, noch einmal aufgekocht und das Ganze im langen engen Glaszylinder absetzen gelassen, nachdem noch 200 cm Wasser hinzugefügt worden waren. Nach 24stündigem Stehen habe ich den Bodensatz mittels Pipette herausgeholt, mit neuem Wasser vermischt und wieder in einem Zylinder absetzen lassen. Der so entstandene Rückstand wurde zur mikroskopischen Prüfung mit Chloralhydrat aufgehellt und in Glyzerin untersucht.

---

1) Audiatur et altera pars. Flugblatt Oktober 1905. Der Unterschied soll nur darin bestehen, dafs dem »Monarch« mehr Fett entzogen ist Es hätte aber auch noch dabei gesetzt werden müssen, dafs er nicht so fein gepulvert ist wie Monarch.

Folgende sechs mikroskopischen Bilder geben je ein Gesichtsfeld von van Houtens Kakao, Pfennigkakao, 3 Männerkakao, Hartwig & Vogels Kakao, Monarchkakao und Stollwercks Adlerkakao wieder. Suchards Kakao stand in seinem mikroskopischen Bilde dem Kakao von Hartwig u. Vogel so nahe, dafs ich auf eine Wiedergabe verzichten konnte. Die Zeichnungen wurden bei 80facher Vergröfserung gezeichnet (Seitz, Ocul. III. Objekt. 3) und geben Originale der gesehenen Partikelchen in ihren richtigen Gröfsenverhältnissen wieder. Es wurden in jedes Gesichtsfeld die gröfsten Fragmente mit hineingezeichnet, die ich in mehreren Präparaten finden konnte, um einen Anhaltspunkt für die Korngröfse der jeweiligen Sorte zu gewinnen.

Ein Blick auf die Tafel zeigt sofort, dafs wir in Reichardts Kakao, Monarch und Reichardts Pfennigkakao die feinstpulverisierten Kakaofragmente, die, wie die Reichardt-Compagnie angibt, mit Windseparatoren gewonnen werden, vor uns haben. Die Trümmer sind so klein, dafs man zellige Strukturen kaum mehr erkennen kann. Diese an sich ideale Zerkleinerung des Kakaos hat aber den Nachteil, dafs das Pulver viel hygroskopischer ist als gröber pulverisiertes Material, wie ja auch aus dem anderen Analysenmaterial hervorgeht. Anderseits zeigten die Versuche über die Suspension, dafs auch die feinste Pulverisierung des Kakaos allein nicht genügt, die Teilchen in Suspension zu halten, sobald das Fett fehlt. Die ganz bedeutend grofsen Partikeln in den Kakaos mit Ausnahme des 3 Männerkakaos schweben doch, weil sie eben noch viel Fett einschliefsen.

Die Annahme, dafs die feinsten Teilchen von den Verdauungssäften sehr günstig ausgelaugt werden können, mufs ohne weiteres zugegeben werden. Leider wird aber der Vorteil, wie wir aus den Stoffwechselversuchen wissen, wieder zum Teil illusorisch. weil die gebildeten grofsen Kotmengen einen Teil des aussaugbaren Nährstoffes unbenutzt forttragen. Es wäre also eine feinere Pulverisierung des Kakaopulvers, als bisher üblich ist, nicht einmal nötig gewesen.

Im Gegensatz zu dem Pfennig- und Monarch-Kakao ist der 3 Männer-Kakao, der ja derselben Provenienz wie der Monarch entstammen soll, auffallend grob pulverisiert. Er enthält nicht die gröfsten Fragmente, aber sehr viele dicke dunkle Zellstücke, die besonders ins Auge fallen, und in keinem anderen Kakao so reichlich vorhanden waren. Ein schnelleres Zu-Bodensinken dieser Partikelchen wäre in dem nicht sehr fettreichen Kakao immerhin möglich und als Ursache der schnellen Entmischung des 3 Männerkakaos denkbar.

Auf die pharmakognostischen Unterschiede der einzelnen Fragmente einzugehen, liegt hier kein Grund vor, da dieselben für unsere Frage weniger Bedeutung haben.

Die umfangreichsten Fragmente lieferte der van Houten-Kakao, neben sehr vielen mittleren und kleineren Partikelchen. Die im Präparat gefundenen mehrfach langgestreckten Zellen, von denen auch zwei abgebildet sind, gehören meines Erachtens nach dem Zimt an, da Kakao nicht, aber Zimt ähnliche Zellen beherbergt. Übrigens wird durch den Geruch des van Houten-Kakao bestätigt, dafs er mit Zimt gewürzt ist, und so könnte auch der Befund erklärt werden. Trotz der sehr grofsen Zellstücke beibt doch der van Houten Kakao vorzüglich suspendiert; man kann hier auch sehr häufig dicht mit Fetttröpfchen besetzte Zellen, die leicht sich in der Schwebe halten können, finden.

Die drei Sorten, Stollwercks Adler-Kakao, Hartwig & Vogels Kakao Vero und Suchards Kakao sind in bezug auf die Gröfsenverhältnisse ihrer Fragmente sich ziemlich gleich. Es finden sich wenig recht grofse, am meisten mittelgrofse und kleinere Partikel. Fettzellen sind sehr häufig, ein Beweis, dafs auch hier ein energischer Kochprozefs mit Kalilauge nicht genügte, alles Fett in Zellen anzugreifen und zu verseifen. Auch hierdurch wird bewiesen, dafs die grofsen Zellstücke durchaus suspensionsfähig sind und eine feine Pulverisierung nicht notwendig ist.

Auf Zahlenangaben über die Gröfsenverhältnisse der Partikel habe ich verzichtet, weil die letzteren zu unregelmäfsig

sind, als dafs man Mittelwerte hätte genau angeben können; die gezeichneten Bilder dürften viel besser Aufschlufs geben können.

Geruch, Geschmack, Aroma.

Geruch und Geschmack sind physiologisch zwei grundverschiedene Empfindungen, die aber öfter zusammenwirken und daher gelegentlich miteinander verwechselt werden. Mit der Nase prüfen wir nur die zuströmende Luft, die entweder von aufsen oder auch von den bereits in den Mund geführten Dingen durch den Nasenrachenraum der Riechgegend der Nase zugeführt wird, mit den Geschmackspapillen untersuchen wir flüssige und feste Körper.

So kommt es z. B., dafs wir ein Kakaopulver als angenehm oder unangenehm aromatisch »schmecken«, während wir das Aroma in der Nase »riechen«.

Der Geruch und Geschmack kann nun beim einzelnen verschieden intensiv ausgebildet sein, aber wir finden fast immer, dafs der Geruch viel weniger subjektiv als der Geschmack ist. Ob etwas gut oder schlecht riecht, wird fast immer gleich beantwortet, ob aber etwas besser oder schlechter schmeckt, ist durchaus individuell. Die Beobachtungen, die der eine an irgendwelchen Proben in bezug auf Geschmack macht, sind deshalb nie bindend für die Geschmacksempfindungen anderer und so gelten die Angaben über die verschiedenen Kakako-Geschmacksproben zunächst nur für die Untersuchsperson. Allein wenn dessen Empfindungen normale sind, so dürfte sie auch für die Allgemeinheit Geltung haben.

Wie übrigens die Ansichten über den Geschmack der verschiedenen Kakaosorten, besonders der entfetteten und der fetthaltigen, auseinandergehen, mögen folgende Beispiele lehren:

Ulex[1]) begutachtet den Monarch-Kakao: »Er besitzt einen milden, äufserst angenehmen Geruch, und gibt mit Zucker und heifsem Wasser angerührt, ein kräftiges und wohlschmeckendes Getränk, das sich durch feines Aroma auszeichnet,« während

1) Ulex Dr., Nahrungsmittelchemiker, Gutachten zit. nach Nahrungsmittelwarte. Chemiker-Nummer 1905, S. 10.

Hüppe[1]) von demselben Monarch-Kakao feststellt: »dafs das Kakaopulver einen sehr unangenehmen, fast leimartigen Nebengeschmack hatte, dafs sein Geschmack viel schärfer war als der der anderen Präparate, und dafs es einen äufserst unangenehmen Bei- und Nachgeschmack aufwies, so dafs es bei der Prüfung als ganz bedeutend schlechter erschien als alle anderen.« Iuckenack[2]) meint, ein fettarmer Kakao schmecke dünn, wenig aromatisch, etwas leimig, während er den Geschmack des üblichen Kakaos mit mehr Fett als angenehm, vollmundig und aromatisch bezeichnet. Luhmann[3]) dagegen sagt, ein 15% fetthaltiger Kakao habe ein sehr angenehmes, volles Kakaoaroma, bei den fettreichen Sorten mache sich das Gewürz in aufdringlicher, roher Weise bemerkbar. Und ganz enthusiastisch steht in einem Flugblatt[4]): »Berichte über Szenen, in denen Männer, Frauen und Kinder, die zum ersten Male die stark entfetteten Reichardt-Kakaos, von kundiger Hand zubereitet, trinken, in Entzücken über den prächtigen, reinen Geschmack geraten, sind für uns etwas Alltägliches« usw. . . . .

Was Iuckenack vollmundig nennt, bezeichnet Schmidt[5]) als fettschleimig.

Ich habe nun die sieben verschiedenen Handelssorten nach allen Richtungen hin auf den Geschmack und Geruch geprüft und mufs zunächst konstatieren, dafs der eigentliche ursprüngliche Kakaogeruch, das »natürliche Kakaoaroma« gar nichts besonderes »Aromatisches« an sich hat. Ein Kakaoeigengeschmack ist dagegen ohne weiteres zu konstatieren.

Nun ist freilich die Frage, ob das »natürliche Kakaoaroma und der Kakaoeigengeschmack«, die beide etwas Charakteristisches, je nach dem Röstverfahren auch Angenehmes an sich haben, jedermann zusagt.

Wir sind kaum anders gewöhnt, als die Schokolade und auch den Kakao aromatisiert anzutreffen, und der bei weitem gröfste

1) Hüppe a. a. O. S. 33.
2) Iuckenack & Griebel a. a. O. S. 45.
3) E. Luhmann. Nahrungsmittelwarte, Ärzte-Nummer, S. 6.
4) Audiatur et altera pars. S. 3, Okt. 1905.
5) Schmidt. Zeitschr. f. physiol. Chemie a. a. O.

Teil der Konsumenten ist damit sehr zufrieden. Es ist deshalb gewifs angebracht, die Kakaos mit einem geringen, feinen aber nicht aufdringlichen Gewürz zu aromatisieren, wogegen andrerseits gegen ein Nichtwürzen natürlich auch nichts einzuwenden ist. Dafs, wie behauptet wird, gelegentlich Kakao aromatisiert wird, um irgend etwas zu verdecken, mag zugegeben werden, aber dafs man die fettreicheren Kakaos nur »wegen des fettigen Geschmackes«[1]) würzen sollte, wäre doch recht seltsam.

Geruch und Geschmack der einzelnen Sorten wurde nach Öffnen der dem Handel entnommenen Pakete und Dosen geprüft, und ebenso nach dem Übergiefsen mit heifsem Wasser, wobei das »Aroma« ja bekanntlich deutlicher zutage tritt.

Es fanden sich die fünf Handelssorten: van Houten, Suchard, Stollwerck und Hartwig & Vogel und Reichardts 3 Männer, gewürzt. Reichardts Pfennig und Monarch schienen dagegen nicht gewürzt. Am wenigsten fremdes Gewürz schien mir der Adler-Kakao zu enthalten, welcher ein mildes, einheitliches Aroma aufwies. Mehr hervortrat im Geruch Hartwig & Vogels Kakao Vero, den man als wirklich »gewürzig« bezeichnen müfste. Suchards Kakao zeigt auch ein einheitliches aber strengeres, wenn auch angenehmes Aroma. Bei Kakao van Houten, welcher ebenfalls mild und angenehm roch, trat Zimtgeruch in den Vordergrund. Bei Reichardts 3 Männer-Kakao trat neben einem an sich ausgesprochenen Gewürzreichtum der Geruch nach Macis in den Vordergrund.

Ich für meine Person würde leicht und angenehm gewürzte Kakaos den stark gewürzten unbedingt vorziehen, da ich bei Einnahme grofser Mengen Kakao innerhalb von 13 Wochen zwecks des Stoffwechselversuches kennen gelernt habe, wie bei längerer Dauer die wenig und die stark gewürzten wirken. Ein stark gewürzter, und sei es auch mit einem lieblichen Gewürz gemischter Kakao wird leicht überdrüssig, ganz besonders aber

---

1) Nahrungsmittelwarte, Chemiker-Nummer. Sept. 1905, S. 12.

trifft dies für einen zu, bei dem ein besonderes Gewürz im Vordergrunde steht.

Am wenigsten erfreulich war dies beim 3 Männerkakao mit seinem Macisgeschmack.

Nun steht zwar in einem Reichardtschen Flugblatt[1]: »Dreimänner soll künden, dafs nur Leute mit derbem Geruchs- und Geschmackssinn gewürzten Kakao andauernd trinken können« und in einem Reichardtschen Geschäft in Karlsruhe fand ich im Schaufenster mit grofsen Lettern gedruckt: »Dreimänner mit ca. 30% sei nur für Personen mit robusten Geruchs- und Verdauungsorganen«. Allein auch so geartete Männer würden ihn, glaube ich, auf die Dauer wohl nicht nehmen wollen.

Reichardt motiviert an derselben Stelle die Würzung des Kakaos folgendermafsen: »Die barbarische Sitte der Würzung von Kakao, die deutsche Fabrikanten holländischen nachahmen, ist nur dann notwendig, wenn in den Fabrikaten mehr als 20% Fett verbleiben und dieselben nur gröber verarbeitet werden können. Durch Würzung wird nicht allein die Unschmackhaftigkeit des Kakaofettes verdeckt, sondern auch eine Geschmackskraft vorgetäuscht, die ein grobes Korn niemals ergeben kann, dagegen durch staubfreie Körnung erzielt wird.«

Und der Chemiker E. Luhmann[2]) findet heraus, dafs das »Gewürz bei fettreichen Sorten zugesetzt zu werden pflegt, um den Nerven des Magens die Berührung mit dem Fettkleister weniger unangenehm zu machen«. (?!)

Ohne auf die unphysiologischen Erwägungen dieses Autors einzugehen, würde ich Reichardts Idee, die Sitte des Würzens als barbarisch bezeichnen zu wollen, nicht für glücklich halten, erstens um die eigenen gewürzten Präparate nicht zu mifskreditieren — sein 3 Männerkakao ist ja gewürzt —, und zweitens, weil ein mildes, angenehmes Aroma, dem Kakao wie der Schokolade zugesetzt, in der Tat eine hervorragende Förderung des Genusses dieser Präparate ist.

---

1) Audiatur et altera pars. Okt. 1905, S. 3.

2) Dr. E. Luhmann, Der Kakaokrieg. Nahrungsmittelwarte, Ärzte-Nummer 1905, S. 5.

Ich kann auch aus eigenen intensiven Versuchen mit grofsen und kleinen Mengen von Monarch- und Pfennig-Kakao, der beiden ungewürzten Sorten, bestätigen, dafs gerade diese Versuchstage mir die unangenehmsten waren, weil der Geschmack doch in vieler Beziehung an die oben erwähnte Charakteristik Hüppes erinnerte. Ich habe mir sogar die letzten 2 Tage Spuren von Vanille und Zimt und Karyophyllen hinzugesetzt, um nicht vor weiteren gröfseren Dosen zurückzuschrecken.

Ich könnte aber andrerseits auch glauben, dafs der eine oder andere Vorliebe auch für ungewürzte Präparate haben kann, da die Geschmacksrichtungen eben doch zu verschieden sind.

Von den übrigen Sorten fand ich im van Houtenschen Kakao den Zimtgeschmack wieder heraus. Ausgezeichnet sagte meinem Geschmack das Suchardsche Gewürz zu. Adler zeigte dieselbe Milde wie im Geruch; gleich angenehm war Hartwig & Vogels Kakao, obwohl hier auch im Geschmack das Gewürz mehr hervortrat. Auffallend war mir, dafs beim Kakao Vero nach der Kostprobe eine Spur bitteren Geschmacks zurückblieb, während beim Suchard-Kakao der an sich angenehm bittere Geschmack gleich von vornherein auftrat.

Verdaulichkeit und Bekömmlichkeit.

Bereits im ersten Teil der Arbeit habe ich mich dahin geäufsert, dafs die Begriffe der Verdaulichkeit des Kakaos und seine Bekömmlichkeit durchaus verschieden sind, aber vom Publikum in ein und demselben Sinne gebraucht oder miteinander verwechselt werden.

Die Frage der Verdaulichkeit und Bekömmlichkeit ist in bezug auf das Fett des Kakaos eine der unklarsten gewesen, da experimentelle Beweise bisher fehlten. Infolgedessen finden wir auch in den mehr oder weniger wissenschaftlichen Kontroversen oft an Stelle von sachgemäfsen Deduktionen nur vage Reden oder unsichere Beweise, die aber den wahren Kern der Sache nicht treffen.

Ganz abgesehen davon, dafs das Kakaofett fast überall als »schwer verdaulich« bezeichnet wird, nennt man den 30% fetthaltigen Kakao[1]) einen »Magenverderber, und zwar wegen des Fettgehaltes, da das Fett die Saftabsonderung im Magen, sowohl was Menge als Enzymgehalt des Saftes anbelangt, hemmt.«(?!)

Auch Luhmann gibt uns hier eine physiologische Aufklärung[2]): »Es ist allgemein bekannt, dafs Kakao mit gröfserem Fettgehalt in dem Magen der meisten Menschen ein unbehagliches Gefühl hervorruft. . . . . . Das Fett schmilzt bei + 35° C und bildet bei der im Magen herrschenden, nur wenig höheren Blutwärme mit den übrigen Teilen des Kakaomehls eine schmierige klebrige Masse, welche die Magenwände verkleistert und der Verdauung zeitweise hinderlich ist. (?!) Es unterliegt daher keinem Zweifel, dafs das belästigende Vollgefühl und das Unbehagen der Magennerven um so weniger empfunden wird, je mehr der Fettgehalt des Präparates vermindert worden ist.«

Und weiter teilt er mit (S. 6): »Dafs die gröfseren Fetttropfen des grobkörnigen Kakaos sich zum Teil von den festen Teilen ablösen und das bekannte belästigende Gefühl im Magen verursachen.« (?!)

Zwei andere Chemiker[3]) meinen, »das Kakaofett bleibe bei seinem hohen Schmelzpunkt im Magendarmkanal des Menschen viel zu zähflüssig, als dafs es einen hohen Nährwert besitzen könne; es wäre auch allgemein bekannt, dafs fettreicher Kakao in reichlichen Mengen von Gesunden, geschweige denn von Kranken, nicht wohl vertragen würde«.

Und ein Gerichtschemiker[4]), dessen Name nicht genannt ist, hält die Angelegenheit bereits für vollständig geklärt, indem er sagt: »Die Frage der Verdaulichkeit des Kakaofettes anlangend, glaube ich nicht, dafs es einen Zweck hat, derselben

1) Nahrungsmittelwarte, Chemiker-Nummer. S. 12, Okt. 1905.

2) Luhmann, a. a. O.

3) Fr. Schmidt & Schenk. Nahrungsmittelwarte, Ärzte-Nummer. Nov. 1905, S. 11.

4) Nahrungsmittelwarte, Verbands-Nummer 1905, S. 9, 10.

näher zu treten. Es kommt nicht auf die Verdaulichkeit des Fettes an sich an, sondern auf die Tatsache, dafs ein stark fetthaltiger Kakao weniger bekömmlich ist als ein fettarmer Kakao. Diese Fragen bedürfen meines Erachtens keiner besonderen Aufklärung mehr.«

Solche »wissenschaftliche Aufserungen« sind selbstverständlich nicht ernst zu nehmen, sie zeigen nur, wie in medizinisch-physiologischen Fragen geurteilt wird, wenn die ganze Basis zur Beurteilung solcher Fragen fehlt, und es treten dann leere Worte für das ein, wofür erst die Beweise zu erbringen wären.

Über die Verdaulichkeit des Eiweifses und des Fettes im Kakao ist im vorhergehenden ausführlich berichtet; über die Bekömmlichkeit füge ich noch hinzu, dafs es keine Normen dafür gibt, wem der Kakao »bekommt« oder »nicht bekommt«. Auch die Milch, unser bedeutsames Nahrungsmittel, bekommt nicht jedem. Das hängt mit der Organisation des Verdauungstraktus und der Disposition des Einzelnen zusammen. Die Versuche an mir haben gezeigt, dafs die verschiedensten Kakaosorten von den im Handel befindlichen fetthaltigsten und fettärmsten, kleine, mittlere und sehr grofse Dosen auf eine Zeit von 86 Tagen hinaus, im Verein mit verschiedener Nahrung und auch ohne jede Nahrung keine nachteilige Veränderung im Verdauungstraktus herbeigeführt haben und auf den Darm weder verstopfend noch diarrhöisch wirkten. Die Funktionen blieben durchaus normal. Der in dieser Vielseitigkeit erbrachte Beweis dürfte genügen, um auch den fettreicheren Kakao in seiner Bekömmlichkeit nicht zu miskreditieren.

Wenn wir auf Grund der beiden gemachten Beobachtungen die Frage entscheiden wollen, ob der Kakao den Genufsmitteln zuzuschreiben ist, so müssen wir mit ja antworten. Die Anforderung, als Reizmittel auf die Nerven zu wirken, erfüllt er durch den Theobromingehalt, als Reizmittel auf die Sinnesorgane,

auf Geschmacks- und Geruchsinn wirkt er durch sein Aroma und den angenehmen Geschmack, wobei die zugesetzten Gewürze günstig mit beitragen. Durch seinen Reiz auf die Nerven des Verdauungstraktus dürfte er auch zur vermehrten Nahrungsaufnahme beitragen.

Da der Kakao aber gleichzeitig ernährende Eigenschaften in sich birgt, so mufs sein Wert noch höher angeschlagen werden.

Alle durch die zahlreichen Untersuchungen gemachten Beobachtungen weisen mit aller Deutlichkeit darauf hin, dafs wir im fettreicheren Kakao ein Präparat besitzen, welches den Anforderungen der Ernährungsphysiologie und -Hygiene mehr entspricht als ein Produkt, dem das Fett zum gröfsten Teil entzogen ist. Es ist daher durchaus wünschenswert, dafs das Fett, soweit es sich technisch ermöglichen läfst, dem Kakaopulver erhalten bleibt.

In diesem Sinne haben schon die Gesetze in Belgien 20%, in Rumänien 22% Fettgehalt als Mindestmenge bestimmt. Auch in Deutschland mehren sich die Stimmen, welche eine gesetzliche Regelung des Fettmindestsatzes im Kakaopulver wünschen.

Iuckenack hat als Mindestmafs 25% Fett, Hüppe 20% vorgeschlagen.

Die Mindestzahl von 20% Fett scheint mir zu tief zu liegen. Da wir keinen greifbaren Anhaltspunkt dafür haben, dafs gerade um 20% herum der Kakao auf einer Grenze zwischen vollwertig und minderwertig steht, so könnte logisch nicht viel dagegen eingewendet werden, wenn jemand die Mindestzahl auf 18% oder 17% oder 15% festgesetzt haben wollte. Nach allen physiologischen Erwägungen würde die Fettgrenze dagegen viel höher hinaufzulegen sein und zwar so hoch, wie es technisch — ohne die Haltbarkeit des Pulvers zu gefährden — möglich ist.

Wir sahen, dafs alle Verhältnisse verbessert wurden, je höher der Fettgehalt stieg:

Die Ausnutzung des Stickstoffs und des Kakaoöls wurde erhöht,

die Suspensionsfähigkeit verbessert,

die Kotbildung und Stickstoffausfuhr verringert,
die Hygroskopizität des Pulvers vermindert,
die Kalorieneinfuhr wesentlich gesteigert,

und da die Bekömmlichkeit in keiner Weise leidet, so würde ich die **Mindestfettgrenze** auf 30% festzusetzen für richtig und gerechtfertigt erachten.

Kurze zusammenfassende Übersicht über sämtliche Versuche des I. und II. Teiles der Arbeit.

1. Zur experimentellen Untersuchung über die Bewertung des Kakaos als Nahrungs- und Genufsmittel wurden zwei Versuchsreihen angestellt (Stoffwechsel-Selbstversuche), deren jede 43 Tage in Anspruch nahm.

2. Die erste Versuchsreihe umfafste die Versuche über den Einflufs der Menge, des Fettgehaltes, des Schalengehaltes des Kakaos und der mit demselben eingeführten Nahrung auf die Resorption und Assimilation desselben. Die zweite Versuchsreihe umfafste die Versuche mit verschiedenen Handelssorten.

3. Die erste Versuchsreihe zerfiel in neun Perioden, in denen Kakao mit 34,2% und 15,2% Fett derselben Provenienz geprüft wurde. Zur Verwendung kamen grofse Mengen von 100 g und mittlere Dosen von 35 g pro die. Anderseits wurde untersucht ein schalenreicher Kakao von 16,8% und endlich Kakao unter Zugabe verschiedener Nahrung.

Die Untersuchung erstreckte sich auf die Ermittelung der Stickstoff- und Fettausnutzung der kakaoreichen Nahrung, auf den Stickstoffumsatz im Harn, die Theobrominwirkung, die kotbildenden Substanzen und das Körpergewicht.

4. Die zweite Versuchsreihe zerfiel in elf Perioden, in denen sieben verschiedene Handelssorten geprüft wurden: v. Houtens Kakao, Reichardts Kakao Monarch und Pfennigkakao und 3 Männer-Kakao, Stollwercks Adler-Kakao, Hartwig & Vogels Kakao Vero und Suchard-Kakao. Aufserdem

wurde Adler-Kakao und Monarch-Kakao in grofsen Dosen allein ohne Nahrung untersucht und ebenso gröfsere Mengen Kakaoöl. Die Untersuchung erstreckte sich auf dieselben Dinge wie in der ersten Versuchsreihe. Aufserdem wurden Spezialuntersuchungen über die Temperatur des trinkfertigen Kakaos, über die Suspensionsfähigkeit des Pulvers bei verschiedenen Temperaturen und über die Korngröfse der einzelnen Kakaosorten angestellt.

5. Bei der Ausnutzung des Kakaos spielt zunächst die gröfste Rolle, ob der Kakao allein oder in Gemeinschaft mit anderen Stoffen genossen wird.

Bei alleiniger Kakaozufuhr erreicht die Ausnutzbarkeit des Kakaoeiweifses das Minimum. 45%.

Da niemand nur vom Kakao allein leben wird, mufste die Ausnutzung des Gesamtnahrungseiweifses bei Kakaogaben bestimmt werden.

Hier liegt die Sache so, dafs der Kakao die Gesamtausnutzbarkeit der Nahrung herabsetzt. Es kommt aber dabei darauf an, ob grofse oder kleine Mengen Kakao gegeben werden.

Stickstoffausnutzung d. Nahrung allein		82,5%	Mittelzahlen
» » »	+ 35 g Kakao	75 »	
» » »	+ 100 g »	56 »	

Der Verlust wird verursacht durch die bedeutende Kotbildung, die der Kakao veranlafst, wodurch anderseits eine vermehrte Menge unverbrauchten Stickstoffs ausgeführt wird. Die Untersuchungen ergaben, dafs der ausgeführte Kotstickstoff mit der Menge des Trockenkotes steigt und fällt.

6. Eine weitere wichtige Rolle für die Eiweifsausnutzung der gemischten Nahrung spielte der Fettgehalt des Kakaos.

Je mehr Fett dem Kakao abgeprefst wird, desto mehr sinkt die Eiweifsausnutzung.

Gem. Nahr. + 100 g Kakao mit 34,2% Fett = 56 %
» » + 100 g » » 15,2 » » = 52 »
» » + 35 g » » 34,2 » » = 75 »
» » + 35 g » » 15,2 » » = 73,4 »
} Ausnutzung

Am drastischsten zeigt sich dies, wenn nur Kakao allein genossen wird.

100 g Kakao mit 34,2% = 45 %
100 g » » 15,2 » = 24,8 »
} Ausnutzung.

Die Ursache der erhöhten Stickstoffausscheidung ist die durch den stark entfetteten Kakao veranlaßte vermehrte Kotbildung.

7. Auch ein erhöhter Schalengehalt des Kakaos wirkt ungünstig auf die Stickstoffausscheidung.

Gem. Nahr. + 35g Kak. ohne Schal. m. 15,2% Fett = 74,3%
» » + 35g » » » » 16,8 » » = 71 »
} Ausnutz.

8. Einen Einfluß übt auch eine verschiedene zusammengesetzte Nahrung, mit der der Kakao genossen wird, aus.

Gem. Nahr. (Brot, Wurst, Käse) + 100 g Kakao m. 34,2% Fett = 56%
» » (Brot, Käse) + 100 g » » 34,2 » » = 63 »

Der Unterschied ist aber hier nicht auf Rechnung des Kakaos zu setzen, sondern auf die verschiedene Resorbierbarkeit des Fleisch- und Milcheiweißes.

9. Das Kakaoeiweiß ist imstande, einen Teil des Nahrungseiweißes zu ersetzen:

100 g Kakao waren imstande, eine Minusbilanz von — 2,27 g Stickstoff auszugleichen.

10. Mit der Steigerung des Kotstickstoffs geht stets bei Einnahme von Kakao eine Verminderung des Harnstickstoffs einher.

Z. B.	Kotstickstoff	Harnstickstoff
	2,7 g	12,35 g
	6,77 g	9,49 g
	7,38 g	8,44 g.

Für diese merkwürdige Erscheinung können die in der Arbeit versuchten Erklärungen noch nicht bindend sein, da diese Tatsachen zunächst ein physiologisches Novum sind.

11. Die Ausnutzung des Fettes im Kakao unterliegt ähnlichen Schwankungen wie die Ausnutzung des Eiweißes. Es kommt zunächst darauf an, ob das Kakaoöl in ausgepreßtem Zustande zur Verwendung kommt oder im Kakao selbst.

Im ausgepreßten Zustande wird es genau so verwertet wie das Fett der Normalnahrung.

Normalnahrung . .	94,9 %	Ausnutzung
Kakaoöl	94,7 %	»

Im nicht ausgepreßten Zustande, also im Kakao selbst, ist die Ausnutzung geringer.

Dabei kommt es ähnlich wie bei der Stickstoffausnutzung darauf an, ob der Kakao allein gegeben wird oder mit anderen Nahrungsstoffen zusammen.

100 g Kakao allein	87,1 %	Fettausnutzung
Gemischte Nahrung + 100 g Kakao .	89,6 %	»

12. Weiter ist wichtig, ob mit der Nahrung größere oder geringere Mengen Kakao gewonnen werden.

Bei Einnahme größerer Mengen wird die Ausnutzung der Gesamtnahrung geringer.

Gemischte Nahrung	+ 100 g	Kakao	mit 34,2 %	Fett	= 89,6 %	Ausnutzung
» »	+ 35 g	»	» 34,2 %	»	= 93,8 %	»

13. Wie bei der Eiweißausnutzung, spielt der Fettgehalt des Kakaos ebenfalls eine Rolle.

Fettreiche Kakaos heben die Ausnutzung der Gesamtnahrung.

Gemischte Nahrung + 100 g Kakao mit 34,2% Fett = 89,6%
» » + 100 g » » 15,2% » = 86,3%
» » + 35 g » » 34,2% » = 93,9%
» » + 35 g » » 12,4% » = 92,1%

14. Der Gehalt an Theobromin veranlafst bei grofsen Gaben vorübergehende Störungen des Allgemeinbefindens, in den üblichen kleineren täglichen Gaben von 20—30 g erzeugt es eine angenehm anregende Wirkung.

15. Eine diuretische Wirkung konnte bei den eingehaltenen Versuchsbedingungen nicht oder nur kaum konstatiert werden.

16. Die Prüfung der Korngröfse der untersuchten und dem freien Verkehr entnommenen Handelssorten ergab, dafs Reichardts Pfennig-Kakao mit 12,4% Fett und Reichardts Monarch-Kakao mit 13,5% Fett am feinsten pulverisiert waren. Reichardts 3 Männer-Kakao mit 24,3%, Suchards Kakao mit 33%, van Houtens Kakao mit 30,8%, Stollwercks Adler-Kakao mit 34,2% und Hartwig & Vogels Kakao Vero mit 27,6% zeigten gröfsere Bestandteile.

17. Die Untersuchung der Suspensionsfähigkeit im trinkfertigen Kakao bewies aber, dafs gerade die fettärmsten Reichardtschen Marken »Pfennig und Monarch« nur ganz wenige Minuten suspendiert blieben, während alle übrigen mehr Fett enthaltenden Marken, mit Ausnahme des Reichardtschen 3 Männer-Kakaos, sehr lange Zeit sich in homogener Verteilungen erhielt. Der höhere Fettgehalt übte auch hier seine günstige Wirkung aus.

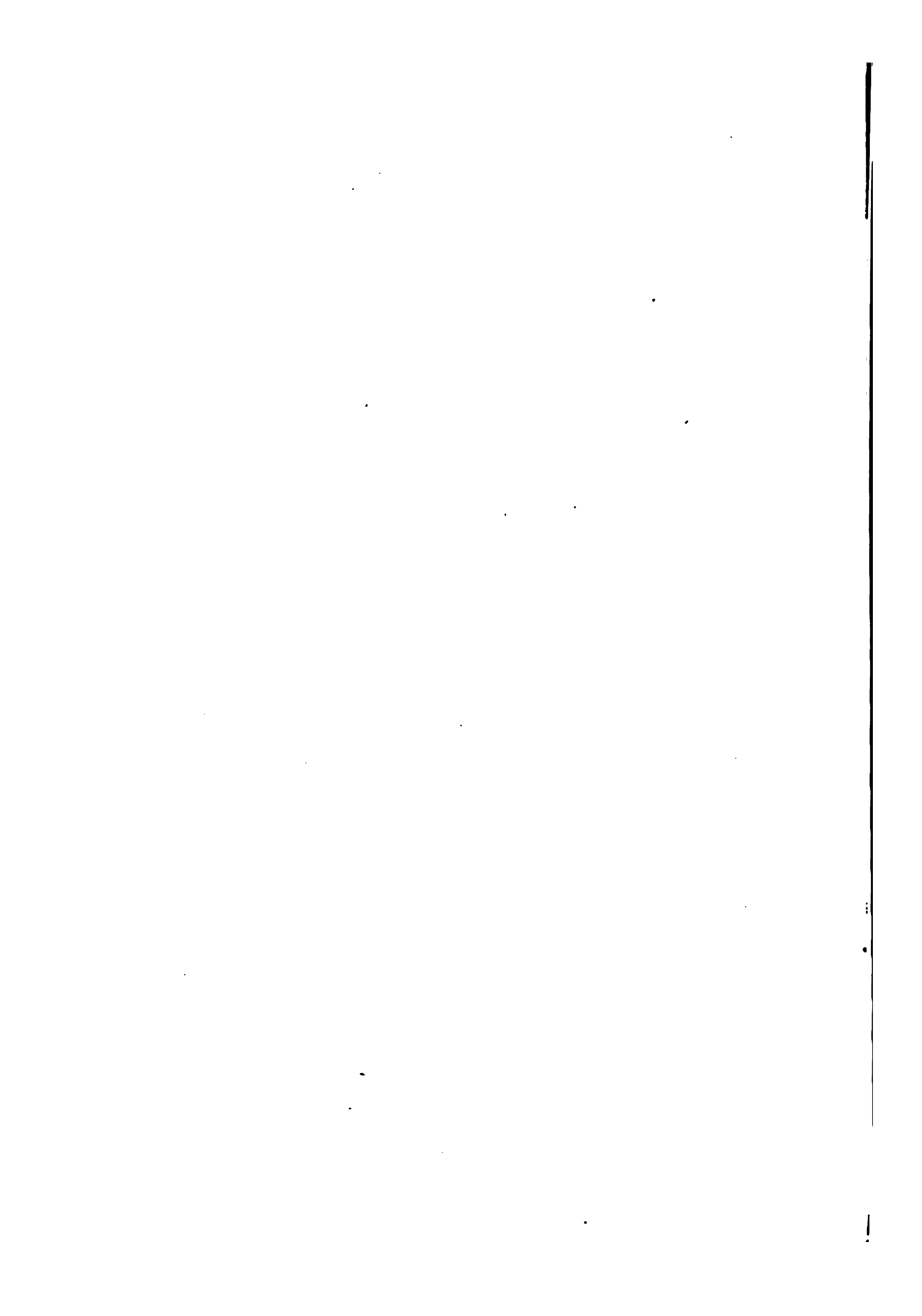
18. Monarch- und Pfennig-Kakao wurden ungewürzt angetroffen. Alle übrigen waren gewürzte Kakaos. Normen über den Geschmack aufzustellen, dürfte nicht angehen, weil die Geschmacksempfindungen zu individuell sind. Jedoch scheinen die ungewürzten Kakaos unserer üblichen — anerzogenen — Geschmacksrichtung weniger zu entsprechen.

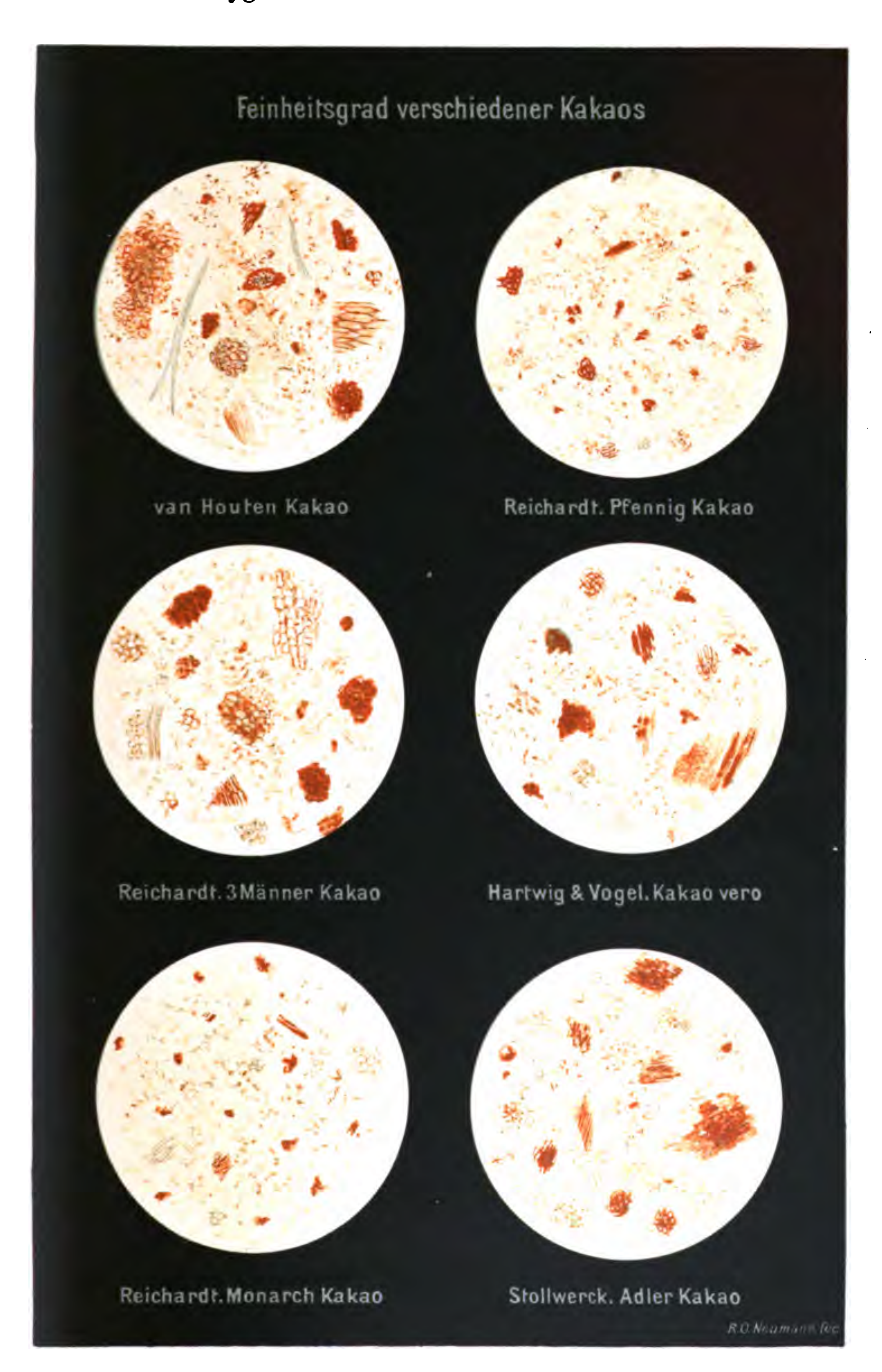
19. Die sog. »Bekömmlichkeit« läfst nichts zu wünschen übrig. Sowohl kleine wie sehr grofse Dosen, fettreiche und fett-

arme Präparate, ohne und mit Nahrung, haben in der sehr lan
Zeit von 86 Tagen keine Verdauungsstörungen herbeigefü
Verstopfung oder Diarrhöen wurden nicht beobachtet.

20. Da alle Resultate der Untersuchung dafür eindeu
sprechen, dafs Kakaos mit hohem Fettgehalt den stark
geprefsten vorzuziehen sind, so würde bei einer eventuellen gese
lichen Regelung der **Mindestgehalt** an Fett — ein Gehalt v
30% — als allen Anforderungen entsprechend in Vorschlag
bringen sein.

5





Verlag von R. Oldenbourg, München u. Berlin.

Die Vergärung des Traubenzuckers unter Entwickelung von Gasen durch Bacterium coli comune ist an die lebende Zelle gebunden, da Bacterium coli im Gegensatz zu Hefe zur Gärung unbedingt Stickstoffnahrung nötig hat.

Von

Dr. E. Kuhtz,
Berlin-Darmstadt.

Mitteilung aus den Hygienischen Instituten der Universität Berlin.
Direktor: Geh. Med.-Rat Prof. Dr. M. Rubner.

Nachdem durch die Versuche E. Buchners über den Hefepreſssaft (Ber. d. d. chem. Ges. 1898, S. 569) nachgewiesen war, daſs die alkoholische Gärung des Zuckers durch Hefe nicht an die lebende Zelle, sondern an ein von ihr gebildetes, von ihr abtrennbares Enzym gebunden ist, lag es nahe, die gewonnenen Anschauungen auch auf die durch Spaltpilze hervorgerufenen Gärungen zu übertragen. Und in der Tat gelang es E. Buchner bald darauf (Ber. d. d. chem. Ges. 1903, I, 634), Essigsäure- und Milchsäuregärung hervorzurufen bei Ausschluſs lebender Bakterien nur durch den aus ihnen durch Zerreiben gewonnenen Zellinhalt. Die Versuche waren erfolgreich bei Bazillus Delbrücki (Leichmann) und mit einer nicht ganz genau identifizierten Bieressigbakterienart.

Es lag nun nahe, aus den Versuchen Buchners den Schluſs zu ziehen, daſs überhaupt alle durch Mikroorganismen bewirkten Gärungen nicht unmittelbar durch die Organismen selbst, sondern durch die von ihnen produzierten Enzyme bewirkt werden.

Dafs es vielfach nicht gelang, diese Enzyme von den Mikroorganismen abzutrennen, konnte gegen diese Meinung nicht angeführt werden, denn diese Mifserfolge konnten sehr wohl in der Schwierigkeit des Problems, schon was die Beschaffung des Materials in geeigneten Mengen betrifft, begründet sein. Dafs jedoch nicht bei allen Bakterienarten die Gärung von der lebenden Zelle abtrennbar ist, wird im folgenden am Bact. coli gezeigt werden.

Der leitende Gedanke bei der experimentellen Untersuchung dieser Frage war folgender. Vollentwickelte Hefe gärt, wie das die Versuche Buchners dartun, vermöge eines in ihr bereits vorentwickelten Enzyms, der Zymase, verbraucht also keine stickstoffhaltige Nahrung zur Gärung. Liegt nun bei Bact. coli die Sache anders, d. h. braucht Bact. coli unbedingt stickstoffhaltige Nahrung, wenn auch nur in geringer Menge, zur Gärung, so ist von vornherein ausgeschlossen, dafs sich die Abtrennung eines Gärungsenzyms erreichen läfst, da eben in diesem Falle Gärung und Leben, wozu doch der Verbrauch von N-Nahrung unbedingt gehört, innig zusammenhängen.

Bei der Anstellung der entscheidenden Versuche, die im experimentellen Teile ausführlich beschrieben sind, hatte man mit einigen Schwierigkeiten zu kämpfen. Zunächst mufste ein äufserst empfindlicher Nachweis der Gärung des Bact. coli gefunden werden, was bald mit Hilfe eines neuen Gärungskölbchens gelang, das allen Anforderungen an Empfindlichkeit entsprach (Beschreibung im experimentellen Teil). Dagegen blieb eine Schwierigkeit insofern bestehen, als man immer durch die Einsaat des Bakterienmaterials selbst, abgesehen von der Leibessubstanz der Bakterien, eine, wenn auch noch so geringe Menge Stickstoff vom Nährboden in die Gärflüssigkeit mit hineinbringt. Man mufs sich jedenfalls darüber klar werden, dafs infolge dieser Schwierigkeit sich überhaupt nicht zwingend beweisen, sondern nur in hohem Grade wahrscheinlich machen läfst, dafs ein lebender Mikroorganismus ohne N-Nahrung gäre. Denn angenommen, Hefe gäre z. B. in einer an sich völlig stickstofffreien Traubenzuckerlösung, wie das tatsächlich der Fall ist (vgl. experimenteller

Teil, Versuch 7, 8, 9, 10), so läfst sich doch immer der Einwand erheben, dafs nur die geringe mit der Einsaat zugleich eingebrachte Menge Stickstoff die Gärung ermögliche.

Um diese notwendige Fehlerquelle nach Möglichkeit zu verringern, wurde zunächst mit kleinen Bakterienmengen gearbeitet. Es wurde z. B. (experimenteller Teil, Versuch 1) eine Öse Bact. coli in eine 1 proz. Lösung von chemisch reinem Traubenzucker, die mit den nötigen Nährsalzen versetzt war, gebracht, wobei starke Gärung erfolgte. Es liegt nahe, daraus den Schlufs zu ziehen, dafs Bact. coli tatsächlich ohne N-Nahrung gären könne. Der folgende Versuch (experimenteller Teil, Versuch 2) wird jedoch zeigen, dafs dies ein Trugschlufs wäre. Bringt man nämlich statt der einen Öse Bact. coli, die Kultur einer grofsen Agarplatte, d. h. etwa die 1000fache Menge hinein, so erfolgt keine Spur von Gärung. An der vom Nährboden mit hinein gebrachten N-Menge, die übrigens unmefsbar gering ist, kann dies nicht liegen, da sie ja im zweiten Falle gröfser ist. (Zu Versuch 1 und 2 vergleiche die Abbildung am Schlusse.)

Die Erklärung des paradoxen Verhaltens erfolgt daraufs, dafs der im Handel als chemisch rein bezeichnete Traubenzucker noch Spuren von Stickstoff enthält, die das Verhalten des Bact. coli beeinflussen. In beiden Versuchen ist nämlich die Quantität des Stickstoffes — abgesehen von den äufserst geringen, vom Nährboden stammenden, eingebrachten Spuren — absolut zwar gleich, relativ aber sehr verschieden, indem nämlich bei der kleinen Aussaat von einer Öse auf jedes Bakteriumindividuum noch genügend Stickstoff entfällt, während bei der um sehr viel gröfseren Aussaat von einer Agarplatte dies nicht mehr der Fall ist, daher auch keine Gärung eintreten kann.

Die zur Gärung gerade noch nötige Stickstoffmenge ist äufserst gering. Im vorliegenden Falle enthielt der Traubenzucker in 100 g 45 mg N (Analyse 1, experimenteller Teil), so dafs in dem 33 ccm enthaltenden Gärungsröhrchen nur 0,15 mg N enthalten waren. Die Empfindlichkeit des Bact. coli gegen Stickstoff ist also enorm, man könnte eine quantitative Bestimmung von Stickstoffspuren darauf gründen, wenn nicht die Quantität

des entwickelten Gases von der Qualität des Stickstoffes, d. h. von der Form, in welcher er gebunden vorliegt, abhängig wäre.

Da, wie wir gesehen, bei gröfserer Bakterieneinsaat die Gärung ganz aufhört, und anderseits klar ist, dafs bei ganz minimaler Einsaat die Gärung sich der Wahrnehmung entzieht, da die spurenweise entwickelten Gase gelöst bleiben, so mufs notwendig dazwischen die Gärung für eine bestimmte mittlere Bakterieneinsaat ein Maximum erreichen, immer vorausgesetzt, dafs die Menge der stickstoffhaltigen Nahrung unverändert bleibt. In der Tat verhält es sich so:

Denn (experimenteller Teil, Versuch 3) vergleicht man die Gärung in einer Reihe von durchaus gleichgefüllten Gärungsröhrchen mit 0,01 % Peptongehalt, die sich nur dadurch unterscheiden, dafs das erste die grofse Einsaat x (z. B. die Coli-Kultur von 4 grofsen Agarplatten), das nächste die Einsaat $\frac{x}{10}$ und so weiter $\frac{x}{100}, \frac{x}{1000}, \frac{x}{10000}, \frac{x}{100000}, \frac{x}{1000000}$ enthält, so tritt das Maximum der Gärung z. B. bei $\frac{x}{10}$ (76,000 000 Keime pro ccm) ein, während weit ober- oder unterhalb dieses Wertes die Gärung sich der Null nähert.

Es war natürlich von grofsem Interesse, die gewonnenen Erfahrungen an einer wirklich N-freien Gärlösung bestätigen zu können. Jedoch gelang es erst nach längerem Suchen, einen Traubenzucker zu erhalten, der den Anforderungen an Freiheit von N-Substanzen entsprach (bezogen von der Firma E. Merck in Darmstadt). In 100 g desselben waren nur 3 mg N enthalten (experimenteller Teil, Analyse III), eine so geringe Menge, dafs sie mit der Fehlergrenze der Kjeldahl-Bestimmung fast zusammenfällt. Bei Anwendung dieses Traubenzuckers gelingt es nun tatsächlich, eine so N-arme Gärlösung zu erhalten, dafs Bact. coli auch in sehr kleiner Aussaat (1 Öse oder $^1/_{10}$ bis $^1/_{100}$ Öse) keine Gärung mehr hervorruft (experimenteller Teil, Versuch 4). Bei grofser Aussaat tritt, wie beim sog. chemisch reinen (N-haltigen) Traubenzucker, erst recht keine Gärung ein.

Um jetzt dieselben Verhältnisse wie bei dem N-haltigen Traubenzucker nachzuahmen, wurde pro Röhrchen 1 mg N in Form von Pepton zugesetzt und in das eine Röhrchen 1 Öse, in das andere 1 Platte 20stündiger Agar-coli-Kultur zugegeben. Es zeigte sich nach ca. 14 Stunden, dafs in dem einen Röhrchen mit der geringen Aussaat sehr starke Gärung eingetreten war, während in dem anderen keine Spur einer solchen zu bemerken war (experimenteller Teil, Versuch 5 und 6). Es wurden also dadurch die aus dem Verhalten des Bact. coli bei chemisch reinem, etwas N-haltigem Traubenzucker gezogenen Schlüsse durchaus bestätigt.

Da also Gären und Leben, denn Stickstoffbedürfnis mufs man doch als notwendig zum Leben rechnen, untrennbar verknüpft sind, so scheint es auch aussichtslos, ein Gärungsenzym in analoger Weise wie bei Hefe aus Bact. coli zu gewinnen.

Es wäre interessant, die vorstehenden Versuche mutatis mutandis auch auf andere Bakterienspezies auszudehnen und so vielleicht einige zu finden, die sich wie Hefe verhalten, d. h. ohne N-Nahrung gären, so dafs bei ihnen die Abtrennung des Gärungsenzyms aussichtsvoll erscheint, während bei den wie Bact. coli sich verhaltenden Mikroorganismen von vornherein ein Erfolg nicht zu erwarten ist. Zunächst müfste sich natürlich herausstellen, dafs die von Buchner untersuchten Milchsäure- und Essigsäure-Bakterienarten, bei denen die Abtrennung des Gärungsenzyms gelang, auch ohne N-Nahrung gären.

Bei den vorstehenden Betrachtungen ist es unentschieden geblieben, welche Rolle die Stickstoffsubstanz bei der Gärung des Bact. coli spielt. Es ist zwar von vornherein wahrscheinlich, dafs Bact. coli dieselbe zur Ernährung braucht. Diese Annahme scheint durch folgende Versuche gestützt zu werden.

Züchtet man Bact. coli ca. 10 Generationen (es genügen manchmal schon 2) auf einem Agar, der als Stickstoffquelle nur Asparagin enthält, und bringt von der Kultur je eine Öse in 2 Gärkölbchen, die die gewöhnliche Gärlösung (Traubenzucker + Nährsalze) und aufserdem das eine Pepton, das andere Asparagin als N-Substanz enthalten, so erfolgt in dem Asparaginröhrchen

sofort Gärung, während sie bei dem Peptonröhrchen erst nach 8 Stunden eintritt, wenn dieselbe schon im anderen Röhrchen beendet ist. Es scheint also, dafs das auf asparaginhaltigem Nährboden gewachsene Bact. coli sich derartig an diese N-Quelle gewöhnt hat, dafs es zunächst die Peptonnahrung verschmäht und dabei auch nicht gärt. Weitere Versuche in dieser Richtung sollen noch folgen, im besonderen über das Verhalten des auf solchen Nährboden gewachsenen Bact. coli, die nahe verwandte chemische Körper als N-Quelle enthalten, z. B. Glycocoll, Lencin, Alanin etc.

Die vorliegenden Ausführungen beschränken sich auf die Vergärung des Traubenzuckers durch Bact. coli unter Bildung von Gasen. Da auch bei geringer Stickstoffnahrung die Milchsäurebildung und Gasentwickelung proportional sind, wie das aus Versuchen anläfslich der Konstruktion des Gärungskölbchens folgt, so ist es wahrscheinlich, dafs auch die vorliegenden Ausführungen für die Milchsäurebildung des Bact. coli aus Traubenzucker gültig sind, d. h. dafs auch die Milchsäurebildung des Bact. coli an die lebende Zelle gebunden ist. Immerhin soll dies noch durch besondere Versuche bewiesen werden.

Experimenteller Teil.

Es wurde durchaus steril und in Reinkultur gearbeitet. Die Gärversuche wurden stets bei 37° ausgeführt. Die Kulturen von Bact. coli (Stamm F. und K.) wurden in Röhrchen auf schrägem Fleischwasserpepton-Agar, mit 2% Agar, bei 37° gezogen, die Massenkulturen in grofsen Petrischalen von 15 ccm Durchmesser auf 3% Agar. Anfänglich wurde auch Traubenzuckeragar (bzw. für Hefe Bierwürzeagar) verwandt, es zeigte sich jedoch, dafs diese Kulturen eher ein schwächeres Gärungsvermögen hatten. Das Beimpfen der 3proz. Agarplatten erfolgte durch Ausbreiten der in physiologischer NaCl-Lösung suspendierten Keime mit rechtwinklig gebogenem Glasstabe. Zur Gewinnung des Bakterienmaterials wurden nach ca. 20 Stunden die 3proz. Agarplatten mit einem kleinen in einen Halter eingespannten Platinspatel

abgekratzt, was ohne jede Verletzung des Nährbodens vor sich gehen kann.

Als möglichst einfache und doch günstige Gärlösung für Bact. coli stellte sich eine Lösung von 1 % Traubenzucker, 0,5 % Kochsalz und 0,2 % Kaliumphosphat (K_2HPO_4) in aq. dest. heraus. Wurde statt aq. dest. Leitungswasser verwandt, so war die Gärung etwas stärker, doch wurde stets aq. dest. vorgezogen, um vergleichbare Resultate zu sichern.

Als empfindlichste Methode zum Gärungsnachweis erwies sich die Messung des gebildeten Gases. Da die gebräuchlichen Apparate nicht genügten, so wurde der am Schlusse der Abhandlung abgebildete Apparat konstruiert. Derselbe ist gänzlich aus Glas, also leicht sterilisierbar. Zum Gebrauch wird das Kölbchen mit der zu untersuchenden Gärflüssigkeit und ca. 3 Glasperlen gefüllt (die Luft aus der Kapillare wird durch leichtes Klopfen verdrängt), dann sterilisiert und geimpft. Das entwickelte Gas sammelt sich zunächst im eiförmigen Teile an, und wird durch sanftes Neigen in den kapillaren Teil gebracht.

Die Kapillare, 2—3 mm im Lichten, wird am besten vor dem Anschmelzen durch Auswiegen mit Quecksilber geeicht. Es war z. B. 1 cm = 0,036 ccm. Um auch das gelöste Gas möglichst zu entbinden, schüttelt man kräftig um. Durch die Reibung der Glasperlen an den Wänden wird alsdann die Übersättigung aufgehoben.

Das Ende der Gärung erkennt man sehr scharf daran, dafs sich auch beim Umschütteln in dem eiförmigen Teile keine Gasblasen mehr ansammeln. Die abgelesenen Gasvolumina brauchen nur bei genauen Bestimmungen auf 0° und 760 mm korrigiert zu werden. Den Apparat kann jeder Glasbläser herstellen, das Eichen der Kapillare wird man zweckmäfsig selbst vornehmen.

Die Stickstoffbestimmung erfolgte nach Kjeldahls Methode unter Anwendung von Quecksilber als Oxydationsbeschleuniger, sie erforderte bei der grofsen Menge des anzuwendenden Traubenzuckers viel Geduld. Es wurde jedesmal durch sog. blinden Versuch die der angewandten Menge H_2SO_4 entsprechende Kon-

stante ermittelt und in Rechnung gesetzt. Als Resultat der Analyse von drei Traubenzuckerarten ergab sich:

1. Chem. reiner Traubenzucker . . . . 100 g — 45 mg N
2. » » » . . . . 100 » — 28 » »
3. Traubenzucker purissimum (E. Merck, Darmstadt) . . . . 100 » — 3 » »

Letztere Zahl liegt bereits innerhalb der Fehlergrenzen der Kjeldahl-Methode, so dafs man den Traubenzucker 3. als stickstoffrei betrachten kann.

Weiter wurde das verwandte aq. dest. und das Leitungswasser (je 1 l), sowie das Kochsalz und das Kaliumphosphat K_2HPO_4) auf N untersucht und frei davon befunden.

Versuche.

Bei den Studien über die Gärung des Bact. coli wurden im ganzen 88 Versuche angestellt. Bei präziser Fragestellung genügen jedoch die folgenden 10 Versuche zur Beweisführung.

Versuch 1.

Zweck: Nachweis, dafs der N-Gehalt des chemisch reinen Traubenzuckers bei kleiner Bakterienaussaat zur Gärung genügt.

Anordnung: Gärkölbchen von 30 ccm Inhalt, gefüllt mit einer Lösung von 1 % chemisch reinem Traubenzucker (1 oder 2), 0,5 % Na Cl, 0,2 % K_2HPO_4 in aq. dest. wird mit einer Normalöse 20stündiger Coli-Kultur beimpft.

Resultat: Starke Gärung, nach 10—15 Stunden in der Kapillare eine Gassäule von 8—10 cm Länge, entsprechend einer Gasmenge von 0,57 bis 0,78 ccm, je nachdem Traubenzucker 2 oder 1 verwendet wurde. Vergleiche die Abbildung am Schlufs; hinteres Gärkölbchen.

Versuch 2.

Zweck: Nachweis, dafs der geringe N-Gehalt des chemisch reinen Traubenzuckers bei grofser Bakterienaussaat nicht mehr zur Gärung genügt.

Anordnung: Wie in Versuch 1, aber mit der Modifikation, dafs statt einer Öse von Bact. coli die ganze Kultur von einer grofsen Agarplatte, also etwa die 1000fache Menge, verwandt wurde.

Resultat: Keine Spur von Gasentwickelung. Vergleiche die Abbildung am Schlufs; vorderes Gärkölbchen, durch die Masse der Bakterien milchig getrübt.

Versuch 3.

Zweck: Nachzuweisen, dafs für ein- und dieselbe N-Menge eine bestimmte Bakterieneinsaat ein Maximum der Gärung liefert, so dafs nicht nur bei kleinerer sondern auch bei gröfserer Einsaat die Gärung abnimmt.

Anordnung: Es wurde eine Lösung dargestellt, die 1 % Traubenzucker chemisch rein, 0,5 % NaCl, 0,2 % K_2HPO_4 und aufserdem 0,01 % Pepton in aq. dest. enthielt. Mit dieser Lösung wurde eine Reihe von Erlenmeyer-Kolben gefüllt, und zwar der erste mit 100 ccm, alle folgenden mit 90 ccm.

In den ersten Kolben wurde alsdann die von vier grofsen Agarplatten abgekratzte 37 stündige Coli-Kultur gegeben und tüchtig mit Hilfe von Glasperlen umgeschüttelt und gemischt. Alsdann wurden mit steriler Pipette 10 ccm entnommen und in den zweiten Kolben gegeben, so dafs derselbe jetzt 100 ccm enthielt mit $^1/_{10}$ der Keimmenge des ersten Kolbens. Gibt man jetzt aus dem zweiten Kolben 10 ccm in den dritten und so fort, so erhält man eine ganze Reihe von Kolben mit Flüssigkeit, die sich nur dadurch voneinander unterscheiden, dafs in jedem der Keimgehalt gleich $^1/_{10}$ von dem des vorhergehenden Kolbens ist. Nennt man die Keimzahl des ersten Kolbens x, so hat man die Reihe:

Nr.	1	2	3	4	5	6
Keimzahl:	x	$\frac{x}{10}$	$\frac{x}{100}$	$\frac{x}{1000}$	$\frac{x}{10000}$	$\frac{x}{100000}$ etc.

Man füllt jetzt eine ganze Reihe von Gärungskölbchen mit diesen Flüssigkeiten, und hält sie bei 37°.

Resultat: Nach ca. 10 Stunden beobachtet man, dafs bei einer gewissen Keimzahl, in unserem Falle $\frac{x}{10} = 760000000$ Keime pro ccm das Maximum der Gärung eintritt. Es ergibt sich eine Gassäule von 12 cm Länge, während sie bei der Aussaat x nur 1,3 cm, bei der Aussaat $\frac{x}{100000}$ nur 3,3 cm Länge beträgt.

Bei einem anderen Peptongehalt als 0,01 % Pepton erreicht die Gärung natürlich für eine andere Keimzahl ihr Maximum.

Versuch 4.

Zweck: Nachweis, dafs in wirklich N-freiem Traubenzucker Bact. coli nicht mehr gärt.

Anordnung: Gärungskölbchen von ca. 30 ccm Inhalt, gefüllt mit einer Lösung von 1 % Traubenzucker purissimum (stickstofffrei, siehe Analyse III), 0,5 % NaCl, 0,2 % K_2HPO_4 in aq. dest. wird mit einer Normalöse 20stündiger Coli-Kultur geimpft. Temperatur 37°.

Resultat: Keine Spur von Gärung, auch nicht nach 1 bis 2 Tagen.

Versuch 5.

Zweck: Nachweis, dafs Bact. coli in einer Lösung aus N-freiem Traubenzucker und Nährsalzen sofort gärt, wenn man wenig Stickstoff, z. B. 1 mg N, zusetzt.

Anordnung: Gärungskölbchen gefüllt wie im Versuch 4. Aufserdem pro Kölbchen eine 1 mg N entsprechende Peptonmenge (in Form einer sehr verdünnten Lösung) zugegeben. Alsdann wurde das Kölbchen mit einer Öse 20stündiger Colikultur geimpft.

Resultat: Nach 10 Stunden sehr starke Gärung, die ganze Kapillare und der sich daran anschliefsende dicke Rohrteil mit Gas gefüllt.

Versuch 6.

Zweck: Nachzuweisen, dafs in einer Lösung von N-freiem Traubenzucker und Nährsalzen auch nach Zugabe von 1 mg N keine Gärung eintritt, wenn man die Einsaat sehr grofs macht.

Anordnung: Wie Versuch 5, nur mit dem Unterschiede, dafs statt einer Öse Coli die Kultur einer grofsen Agarplatte zugegeben wurde.

Resultat: Keine Spur von Gärung, auch nicht nach 24 Stunden.

Versuch 7.

Zweck: Nachzuweisen, dafs Hefe im Gegensatz zu Bact. coli auch in ganz N-freier Lösung gärt.

Anordnung: Gärungskölbchen mit einer Lösung von 1 % Traubenzucker purissimum (stickstofffrei), 0,5 % NaCl, 0,2 % K_2HPO_4 gefüllt und mit einer Öse 20stündiger Hefe-Reinkultur (Stamm 696, erhalten aus dem Institut für Gärungsgewerbe zu Berlin), gewachsen auf Bierwürzeagar, beimpft.

Resultat: Schon nach 2 Stunden Gärung.

Versuch 8.

Zweck: Nachzuweisen, dafs Hefe im Gegensatz zu Bact. coli bei grofser Aussaat stärker gärt als bei kleiner.

Anordnung: Wie bei Versuch 6, jedoch mit der Modifikation, dafs die Kultur einer grofsen Bierwürze-Agarplatte verwandt wurde.

Resultat: Schon nach 2 Stunden sehr starke Gärung, über zehnmal so viel Gasentwickelung wie in Versuch 6.

Versuch 9 und 10.

Zweck: Nachzuweisen, daſs sich Hefe, die auf gewöhnlichem zuckerfreiem Fleischwasserpepton-Agar gewachsen ist, sich ebenso verhält wie die auf Bierwürzeagar gewachsene.

Anordnung: Genau wie Versuch 7 und 8, nur mit dem Unterschied, daſs die Hefe auf gewöhnlichem Agar gewachsen war.

Resultat: Genau wie bei Versuch 7 und 8.



Vorliegende Arbeit wurde mit gröſseren Unterbrechungen in den Jahren 1903 und 1904 während meiner Assistentenzeit im Hygienischen Institut der Universität Berlin angefertigt und im Dezember 1905 ebendaselbst durch einige Versuche zum Abschluſs gebracht.

Es ist mir ein Bedürfnis, auch an dieser Stelle meinem hochverehrten früheren Chef, Herrn Geheimen Medizinalrat Prof. Dr. M. Rubner meinen Dank auszusprechen für das stete Interesse, welches er an meiner Arbeit nahm. Insbesondere fühle ich mich auch Herrn Prof. Dr. M. Ficker zu Dank verpflichtet für die unermüdliche Unterstützung, die er mir mit Rat und Tat bei der Ausführung der Arbeit zuteil werden lieſs.

Über den Bakteriengehalt menschlicher und tierischer Fäces.

Von

Dr. **Max Lissauer**

(Berlin).

(Aus dem Hygienischen Institut der Universität Berlin.
Direktor: Geh. Rat Rubner.)

Die Bakterienflora des Darms ist bereits seit langer Zeit Gegenstand der Forschung, und nach den verschiedensten Richtungen wurden über sie Untersuchungen angestellt. Man suchte nicht nur die Rolle zu finden, welche sie in der Pathologie, sondern auch in der Physiologie spielt. Die Arten von Mikroorganismen, welche der Darm des Gesunden beherbergt, ihre Abhängigkeit von Nahrung und Lebensverhältnissen, sind ebenfalls zum Studium einer großen Reihe von Arbeiten gemacht worden. Über die Zahl der den menschlichen und tierischen Darm bewohnenden Bakterien ist zwar auch schon eine ganze Reihe von Untersuchungen veröffentlicht worden, doch differieren die Resultate außerordentlich.

Ältere Untersucher, wie Woodward und Nothnagel, Uffelmann, Escherich, geben zwar bereits an, daß ein großer Teil der Kotsubstanz aus Bakterien besteht, doch nur auf Grund mikroskopischer Betrachtung, so daß diese Arbeiten bei der Unzulänglichkeit der Methodik nur noch historisches Interesse beanspruchen können.

Sehr bald, nachdem durch Koch der Bakteriologie neue Bahnen eröffnet worden waren, wurden Versuche gemacht, um mit Hilfe der neuen Methode die Anzahl der Kotbakterien zu eruieren. Der erste, welcher mit dem Plattenkulturverfahren die Anzahl der Kotbakterien zu bestimmen versuchte, war Sucksdorff, indem er die Kolonien zählte, welche aus 1 mg Fäces gezüchtet werden können. Er fand, dafs ihre Anzahl aufserordentlich schwankte, eine Beobachtung, welche in einer grofsen Reihe von Arbeiten, welche in schneller Folge darauf erschienen, und welche auf demselben Wege die Frage zu lösen versuchten, bestätigt wurde. Es stellte sich aber bei diesen Arbeiten eine Fehlerquelle heraus, welche auch Sucksdorff bereits gesehen hatte, und welche die Genauigkeit der Resultate sehr in Frage stellte. Es zeigte sich nämlich, dafs nur ein kleiner Teil der mikroskopisch wahrnehmbaren Bakterien auf künstlichen Nährböden gezüchtet werden können. Nur darin gehen die Ansichten auseinander, ob der Grund hierfür in der Mangelhaftigkeit der Nährböden zu suchen ist, wie Hammerl und Kuisl meinen, oder ob die Keime, wie die meisten Autoren annehmen, zum grofsen Teil bereits abgestorben oder doch entwicklungsunfähig geworden sind. Vermutlich sind beide Gründe bei dieser Erscheinung mafsgebend. Denn es kann kein Zweifel sein, dafs auch die Nährböden mit ihrer alkalischen Reaktion dem O-Zutritt, der Temperatur, welche, wenigstens bei Gelatineplatten, immer unter 30° bleiben mufs, einem grofsen Teile der noch entwicklungsfähigen Keime das Wachstum nicht gestatten.

Von diesem Gedanken ausgehend, arbeitete daher Eberle ein Verfahren aus, durch welches mittels direkter Zählung sämtliche in einem abgemessenen Teile Kot ausgeschiedene Bakterien gezählt werden können.

Durch vergleichende Untersuchungen mit dem Plattenkulturverfahren konnte er zeigen, dafs die Zahl der lebens-, resp. auf den gebräuchlichen Nährmedien entwicklungsfähigen Mikroorganismen nur 4,5—10,6% derjenigen Bakterien beträgt, welche durch die Färbe- und Zählmethode im Kot nachgewiesen werden können. Nach späteren Untersuchungen, welche Klein nach

der von ihm modifizierten Methode anstellte, gelangen sogar nur 1 % sämtlicher Kotbakterien zum Wachstum. Gegenüber dem deutlichen Fortschritte dieser Methode im Vergleich zum Plattenkulturverfahren sind die Nachteile doch noch aufserordentlich grofs. Denn einmal kann, wie Schmidt und Strafsburger hervorheben, nur ein geringer Teil aller vorhandenen Bakterien gezählt werden, ein Fehler, welcher bei der notwendigen Umrechnung ganz besonders schwerwiegend sein mufs. Ferner ist die mikroskopische Betrachtung des Bildes durch Verunreinigungen nicht bakterieller Natur gestört. Dann hängen die Bakterien oft in Fäden und Klumpen zusammen, wodurch die Zählung der Einzelindividuen unmöglich gemacht wird. Auch ist es sehr schwer, die Bakterienaufschwemmung, von welcher die Untersuchung ausgeht, mit gleichmäfsiger Verteilung herzustellen.

Alle diese Mängel will ein Verfahren, welches vor kurzem von Strafsburger angegeben wurde, vermeiden. In seiner Arbeit findet sich auch eine umfassende Literaturangabe, so dafs ich hierauf verzichten kann. Das Verfahren, welches in einer quantitativen Bestimmung der Kotbakterien besteht, indem die in einer bestimmten Menge Material enthaltenen Bakterien isoliert, getrocknet und gewogen werden, findet sein Vorbild in einer prinzipiellen Beobachtung, welche von Almquist gemacht wurde. Dieser zentrifugierte nämlich Bakterien in NaJ-Lösungen von bekanntem spez. Gewicht, und sah nun, dafs unter Umständen die Bildung eines Bodensatzes ausblieb. Dies Verfahren ist zwar nicht geeignet, wie Almquist meinte, das spez. Gewicht der Bakterien zu bestimmen, worauf Rubner aufmerksam gemacht hat, wohl aber zum Abzentrifugieren überhaupt. Durch plasmolytische Veränderungen nimmt das spez. Gewicht der Bakterien zu, erreicht aber schliefslich mit der umgebenden Flüssigkeit einen Gleichgewichtszustand. Diese Tatsache verwendete Strafsburger. Er zentrifugiert eine Aufschwemmung von Fäces in Wasser, wobei die gröberen Teile ausgeschleudert werden, während die Bakterien suspendiert bleiben, da ihr spez. Gewicht annähernd so grofs ist wie das der Emulsionsflüssigkeit. Wird diese nun abgehoben und ihr spez. Gewicht durch Alkoholzusatz

verringert, lassen sich jetzt die Bakterien durch Zentrifugieren leicht ausschleudern.

Mit dieser Methode untersuchte Strafsburger eine Reihe von Fällen und kommt zu dem Ergebnis, dafs normalerweise rund ein Drittel der Trockensubstanz des Kotes gesunder Erwachsener bei gemischter Kost aus Bakterien besteht. Voraussetzung mufste natürlich sein, dafs im Kot keine anderen Substanzen von gleichem spez. Gewicht der Bakterien, bzw. gleichen Eigenschaften derselben vorhanden sind.

Bei der Wichtigkeit dieses Resultates und bei der Bedeutung, welche die Frage nach dem Verhalten der Kotbakterien für die Physiologie und Pathologie der Verdauung hat, schien es wünschenswert, eine Nachuntersuchung vorzunehmen und das Verfahren unter verschiedenen Verhältnissen anzuwenden. Dies habe ich auf Veranlassung von Herrn Geh. Rat Rubner getan; ihm, sowie Herrn Prof. Ficker spreche ich für das der Arbeit bezeugte Interesse meinen verbindlichsten Dank aus.

Ich ging bei meinen Untersuchungen nach der Strassburgerschen Methode vor; die Modifizierungen sind unwesentlich und für das Resultat ohne Bedeutung. Die Stühle wurden entweder unmittelbar nach der Entleerung untersucht, oder sie wurden sofort bis zur Verarbeitung auf Eis gestellt. Zu einer Untersuchung wurden zwei Portionen genau abgewogen; im allgemeinen ging ich von je 1—2 g aus. Von dem einen Teil wurde die Trockensubstanz bestimmt; der andere diente zur Bakterienbestimmung. Zu diesem Zweck wurde er mit $^1/_2$ proz. Salzsäure gut verrieben und dann zentrifugiert. Hierbei benutzte ich eine elektrisch betriebene Zentrifuge. Die über dem Bodensatz stehende Flüssigkeit wurde abgehoben und zur weiteren Verarbeitung aufgehoben. Der Bodensatz wurde nun wieder mit Salzsäure ausgeschüttelt und zentrifugiert; dies wurde so lange fortgesetzt, bis der Bodensatz nur noch geringe Mengen von Bakterien enthält, was durch die mikroskopische Untersuchung festgestellt wurde. Dann wurde die ganze Flüssigkeit reichlich mit Alkohol versetzt und im Becherglas für 24 Stunden in ein Wasserbad mit einer konstanten Temperatur von ca. 40° gestellt.

um sie einzuengen. Dann wurden sie wieder mit Alkohol versetzt und zentrifugiert. Der Bodensatz, welcher jetzt anscheinend fast nur noch aus Bakterien besteht, wurde mit Äther ausgeschüttelt; dann wurde wieder zentrifugiert, der Äther entfernt und der Bodensatz mit Alkohol in ein gewogenes Porzellanschälchen gespült. Dann wurde bis zur Gewichtskonstanz getrocknet.

Ich kenne jetzt also die Trockensubstanz einer bestimmten Menge Kot, und das Gewicht der Bakterientrockensubstanz einer zweiten, ebenfalls bestimmten Menge Kot. Nenne ich den Prozentgehalt des einen Teiles Kot an Trockensubstanz a, den Prozentgehalt des anderen Teiles Kot an Bakterientrockensubstanz b, so verhält sich $a:b = 100:x$, wenn ich mit x den Prozentgehalt des trockenen Kots an Bakterientrockensubstanz bezeichne.

Auf diese Weise untersuchte ich den Kot von gesunden erwachsenen Menschen und von Tieren. Ich stellte meine Untersuchungen an 8 Versuchspersonen an, bei welchen ich den Kot in 14 Fällen untersuchte. In einer Anzahl von Fällen wurden bei demselben Kot mehrere Bestimmungen gemacht, so daſs ich im ganzen über 19 Einzelbestimmungen verfüge. In 3 Fällen erhielten die Versuchspersonen nur vegetabilische Kost; in einem Fall wurde nur animalische Kost gegeben. Alle übrigen Untersuchungen wurden bei beliebiger gemischter Nahrung vorgenommen.

Was die Tierversuche betrifft, so erstrecken sie sich auf Herbivoren und Carnivoren. Es wurde der Kot von 3 Kaninchen, 2 Kühen und 4 Hunden untersucht. 3 Hunde erhielten reine Fleischnahrung, 1 nur Kartoffel- und Brotnahrung.

Die Ergebnisse der am Menschen angestellten Versuche sind in Tabelle I zusammengestellt. Wenden wir uns zunächst zu den ersten 10 bei gemischter Kost gemachten Beobachtungen, so fällt sofort auf, daſs die Zahlen, welche den Prozentgehalt des trockenen Kotes an trockenen Bakterien angeben, nicht unerheblich untereinander differieren. Der niedrigste Wert ist 2,53%, der höchste 13,54%; der Mittelwert der bei diesen Versuchen erhaltenen Resultate ist 8,67%.

Tabelle I.

	Versuchsperson	Angewandte Substanz	Kottrockensubstanz	Bakterientrockensubstanz	Prozent trockener Bakterien im trockenen Kot	Nahrungsform	Trockene Bakterien pro 1 mg Kot frisch in Millionen
1.	I.	2,479 1,788 2,549 1,733	0,398 0,322	0,0313 0,024	a) 7,6 b) 7,7	Gemischt	a) 48 b) 40
2.	I.	0,8652 0,9909	0,2234	0,014	5,47	Gemischt	40
3.	II.	7,4915 5,091 6,797 4,2258	0,882. 0,59	0,1 0,0502	a) 12,3 b) 10,3	Gemischt	a) 60 b) 50
4.	II.	1,4284 0,9115	0,2004	0,0154	11,9	Gemischt	45
5.	III.	2,2459 2,1206	0,834	0,008	2,53	Gemischt	15
6.	IV.	0,67 0,4838 0,5062 0,5606	0,26 0,1622	0,011 0,009	a) 5,6 b) 5,01	Gemischt	a) 80 b) 600
7.	IV.	0,6222 0,587	0,1635	0,0074	4,85	Gemischt	60
8.	V.	1,41 1,2096	0,1806	0,018	11,87	Gemischt	34
9.	VI.	1,8784 1,9436 1,9837 1,99	0,2642 0,27	0,0192 0,0213	a) 7,09 b) 7,7	Gemischt	a) 40 b) 43
10.	VII.	2,0701 2,0284	0,0558	0,0074	13,54	Gemischt	19
11.	IV.	0,9705 0,8495 0,2899 0,3057	0,2492 0,2075	0,007 0,0117	a) 9,4 b) 15,67	Vegetabilisch	a) 92 b) 14

Tabelle I.

	Versuchsperson	Angewandte Substanz	Kottrockensubstanz	Bakterientrockensubstanz	Prozent trockener Bakterien im trockenen Kot	Nahrungsform	Trockene Bakterien pro 1 mg Kot frisch in Millionen
12.	IV.	1,4386 0,6662	0,4172	0,0133	7,2	Vegetabilisch	59
13.	VIII.	2,4442 1,428	0,3112	0,0182	9,89	Vegetabilisch	58
14.	IV.	2,1205 1,8874	0,7133	0,027	4,26	Animalisch	60

Also rund 9% des trockenen Kotes gesunder Erwachsener besteht nach meinen Versuchen aus trockenen Bakterien. Diese Zahl bleibt nicht unbedeutend hinter der von Strafsburger gefundenen, auf 32,4% berechneten, zurück; auch bei Untersuchungen von Säuglingskot fand dieser Autor annähernd dieselbe Zahl. Dagegen stimmt mein Untersuchungsergebnis völlig überein mit dem von Leschziner bei seinen Versuchen erhaltenen. Dieser untersuchte eine Reihe von Säuglingsstühlen und erhielt Werte, welche zwischen 2,05% und 28,45% liegen; berechnet man aus seiner Tabelle den Mittelwert, so erhält man 8,78%. Schittenhelm und Tollens fanden bei einem Erwachsenen mit gemischter Kost sogar 42% der Kottrockensubstanz aus Bakterien bestehend; doch hat diese Angabe nur geringen Wert, da die Berechnung nur in diesem einen Falle angestellt wurde.

Der von mir gefundene niedrigste Wert von 2,53% ist eine Ausnahme; es ist interessant, dafs die Keimarmut dieses Stuhles bereits bei früher angestellten Untersuchungen mit dem Plattenkulturverfahren aufgefallen war.

Bleibt der von mir gerechnete Wert hinter dem von Strafsburger berechneten zurück, so ist er doch ganz bedeutend höher wie die von früheren Untersuchern angegebene Zahl. So rechnet Klein aus, dafs 0,13% der Kottrockensubstanz aus Bakterien bestehen; nach Sucksdorff sind es sogar nur 0,004—0,008%.

Eine ebenso wissenschaftlich interessante, wie praktisch wichtige Frage ist die, ob und in welcher Weise sich die Darmbakterien bei verschiedener Ernährungsweise verändern. Sie ist der Gegenstand zahlreicher Arbeiten, welche das Meconium, das unmittelbar nach der Geburt steril ist, untersuchen, ebenso wie den Säuglingsstuhl bei Ernährung mit Frauen- oder Kuhmilch, endlich die Kotbakterien der Erwachsenen. Diese Arbeiten beschäftigen sich aber alle lediglich mit der Qualität der Darmflora; ihr quantitatives Verhalten ist aber noch wenig untersucht und aufgeklärt.

Der erste, welcher durch Experimente die Veränderungen der Bakterienzahl im Darm festzustellen versuchte, war Sucksdorff. Dieser fand, dafs nach ausschliefslichem Genufs von sterilisierten Speisen und Getränken der Bakteriengehalt des Kotes in sehr hohem Grade sank, woraus er schliefst, dafs die im Darmkanal vorhandenen, entwicklungsfähigen Bakterien zum allergröfsten Teil nur mit den Speisen und Getränken dem Verdauungsapparat zugeführt werden. Während Brotzu zu ähnlichen Resultaten gelangte, fehlte es nicht an scharfen Angriffen gegen diese Ansicht von einer ganzen Anzahl Autoren, u. a. von Schmitz, Hammerl und Stern. Auch der Einflufs von vegetabilischer und animalischer Kost auf den Keimgehalt des Darmes ist zwar bereits untersucht worden, doch ist diese Frage noch nicht entschieden, da die Autoren zu widersprechenden Resultaten gelangten. Während de Giaxa bei vergleichenden Untersuchungen an Carnivoren und Herbivoren den Keimgehalt bei ersteren höher fand, gibt Hammerl an, dafs die Fäcesbakterien bei rein vegetabilischer und bei gemischter Kost weder der Zahl noch der Art nach verschieden sind.

Ich bin dieser Frage näher getreten durch Untersuchungen, welche ich sowohl an Menschen wie an Tieren vornahm. Die beim Menschen angestellten Versuche finden sich in Tabelle I, Versuch 11—14, angegeben. Sie wurden an zwei Versuchspersonen angestellt, von denen eine bereits bei den Versuchen mit gemischter Kost Verwendung fand. Ich ging in der

Weise vor, daſs ich den Kot zunächst abgrenzte, und zwar benutzte ich hierzu die von Rubner angegebene Methode. Dieser Autor grenzte bei seinen physiologischen Ausnutzungsversuchen die Fäces dadurch ab, daſs er vor Beginn des Versuchs gröſsere Quantitäten Milch, $1^1/_2$—$2^1/_2$ l, trinken lieſs. Hierdurch wird der sehr charakteristische, hellgelbe Milchkot gebildet, welcher eine ganz genaue Abgrenzung gestattet.

Wie die in der Tabelle angegebenen Zahlen ohne weiteres zeigen, ist in keinem Falle, weder bei vegetabilischer noch bei animalischer Kost eine wesentliche Änderung der Keimzahl zu konstatieren. Schmidt und Straſsburger meinen, daſs beim Menschen vegetabilische Kost den Keimgehalt der Fäces erhöhen müſste. »Man sollte, wenigstens für den Menschen, annehmen, daſs bei einer Nahrung, die viel Schlacken und zwischen diesen unausgenutzte Nährstoffe hinterläſst, der Kot besonders reich an Bakterien sein müſste.«

Ist auch diese aprioristische Argumentation an sich richtig, läſst sie doch einen wichtigen Faktor unberücksichtigt, nämlich die Verweildauer der Speisen im Darm. Wie enorm verschieden diese sein kann, zeigt eine Angabe von Rubner; seine Versuchsperson entleerte den ersten Kot bei reiner Fleischkost nach 5 Tagen, bei Rübenkost dagegen schon nach 2—6 Stunden. Ähnliche Unterschiede konnte auch ich bei meinen Versuchen konstatieren; während in den bei vegetabilischer Kost untersuchten Fällen die erste Kotentleerung regelmäſsig schon nach wenigen Stunden eintrat, erfolgte sie in dem bei reiner Fleischkost angestellten Versuch erst nach fast 3 Tagen. Mir scheinen also hier zwei Faktoren die Bakterienzahl des Darmes in entgegengesetztem Sinne zu beeinflussen: der bei vegetabilischer Kost gelieferte schlackenreichere Kot begünstigt zwar das Wachstum der Bakterien, diesen bleibt aber bei der schnellen Passage der Speisen durch den Darm nur wenig Zeit zur Entwicklung; anderseits ist der an unausgenutzten Nährstoffen bedeutend ärmere Fleischkot dem Bakterienwachstum viel weniger günstig, dieses wird aber durch das längere Verweilen der Speisen im Darm begünstigt. So resultiert denn ein mittlerer

Beharrungszustand der Bakterien des Darmes auch bei verschiedener Ernährungsweise.

Aus meinen Ergebnissen lassen sich folgende Schlüsse ziehen. Der mittlere Gehalt des Kotes an trockenen Bakterien ist:

bei gemischter Nahrung . . 8,67 %
bei vegetabilischer Nahrung . 10,49 %
bei animalischer Nahrung . 4,26 %.

Da von der ausgeschiedenen Bakterienmasse weder Asche- noch N-Bestimmungen gemacht worden sind, bleibt immerhin zweifelhaft, inwieweit das »Abgeschleuderte« als reine Bakterienmasse zu betrachten ist. Aber auch die N-Analyse würde einen sicheren Beweis für die ausschliefsliche Anwesenheit von Bakterien nicht erbringen können.

Ich will nun als bewiesen annehmen, dafs alle Bakterienmasse wirklich reine Substanz gewesen sei.

Aus den Ausnutzungsversuchen von Rubner läfst sich entnehmen, wie viel trockener Kot pro Tag gebildet wird; wenn ich dann nach meinen Zahlen berechne, wie viel Bakterienmasse am Tage entleert wird, so läfst sich in Gramm angeben, wie grofs die tägliche Bakterienausscheidung war.

Nach Rubner kann man pro 1 g trockener Bakterienmasse 0,114 g N rechnen. So mufs ich also auch schätzen können, wie grofs in Gramm pro Tag die auf Bakterien zu rechnende N-Masse ist.

Ich erhalte dann folgende Zusammenstellung:

	Trocken. Kot pro Tag	N	% Bakterien darin	N-Gehalt in g
Fleisch	17,1 g	1,12	0,73	0,08 N
Gemischte Kost .	30,0 g	2,9	2,86	0,33 N

Es ist naheliegend, an dieser Stelle an die Angabe von Schierbeck zu denken, der auf den ungleichen N-Gehalt des Kotes bei verschiedenen Personen hingewiesen hat. Er fand, dafs individuelle Ungleichheiten in der Zusammensetzung des Kotes, was den N-Gehalt betrifft, vorhanden sind. Es scheint nicht sehr wahrscheinlich, dafs ein verschiedener Gehalt an Bakterien das Resultat erklären kann.

Wenden wir uns jetzt den bei Tieren angestellten Versuchen zu, deren Resultate in Tabelle II zusammengestellt sind; es zeigt sich dabei folgendes. Bei den mit Fleisch gefütterten Hunden fanden sich 3,54 %, 3,62 % und 9,08 % trockene Bakterien in der Kottrockensubstanz. Der mit Kartoffeln und Brot gefütterte Hund hatte 7,56 % Bakterientrockensubstanz; also war auch hier kein Unterschied des Bakteriengehaltes bei verschiedener Nahrung zu konstatieren.

Tabelle II.

	Versuchstier	Angewandte Substanz	Kottrockensubstanz	Bakterientrockensubstanz	Prozent trockener Bakterien im trockenen Kot	Nahrungsform	Trockene Bakterien pro 1 mg Kot frisch in Mill.
1.	Hund	1,8080 0,9431	0,4668	0,0085	3,54	Fleisch	32
2.	Hund	6,1563 2,9848	1,6485	0,0285	3,62	Fleisch	40
3.	Hund	3,9818 2,361	0,8636	0,0465	9,08	Fleisch	72
4.	Hund	2,8016 1,9886	0,4102	0,021	7,56	Kartoffel u. Brot	42
5.	Kaninch.	0,357 0,2467	0,1656	0,0015	1,31		20
6.	Kaninch.	0,7239 0,4138	0,3622	0,0027	1,27		20
7.	Kaninch.	1,141 0,9631	0,6125	0,0021	0,41		9
8.	Kuh	11,955 5,0429	1,2045	0,0958	18,75		80
9.	Kuh	9,6263 18,9858	1,0841	0,32	14,73		63

Bei den Herbivoren, Kaninchen und Kuh, fand sich, dafs Kaninchen sehr wenig Bakterien im Kot haben, nämlich nur rund 1 % trocken, die Kühe dagegen 14,73 % und 18,75 %. Diese

Erscheinung findet ihre Erklärung in dem überaus verschiedenen Gehalt des Kotes an Trockensubstanz. Der Kaninchenkot ist sehr trocken, er enthält über 50% Trockensubstanz, im Gegensatz zu dem von der Kuh gelieferten Kot, welcher nur rund 10% enthält. Eine derartige Trockenheit des Kotes, wie beim Kaninchen, mufs allerdings den Bakteriengehalt beeinflussen; doch macht sich dieser Einflufs erst jenseits einer bestimmten Grenze bemerkbar, nicht als ob der Bakteriengehalt des Kotes progressiv mit seinem Gehalt an Trockensubstanz steigt und fällt. Man hat aber bei allen diesen Versuchen auch zu erwägen, ob der Kot reich an unverdautem Material ist. Es mufs als selbstverständlich angenommen werden, dafs z. B. die Beimengung von unverdauter Zellulose (ceteris paribus) den Prozentgehalt an Bakterien herabzusetzen imstande ist; ähnliches gilt natürlich für andere unverdaute Reste, z. B. nicht aufgenommene Stärke.

Unter Benutzung einer Angabe von Nägeli, wonach 800000000 trockene Bakterien 1 mg wiegen, habe ich aus meinen Zahlen berechnet, wie viel trockene Bakterien in 1 mg frischer Fäces enthalten sind. Wie auch Strafsburger hervorhebt, ist Nägelis Berechnung insofern ungenau, als sie nur für Kugeln von 2 μ Durchmesser zutrifft. Die Zahl ist also viel zu niedrig, da die Bakterien zylinderförmige Gebilde sind. Rechnet man Nägelis Zahl für das Bact coli commune, dem Hauptrepräsentanten der Bakterienflora des Darmes, um, so mufs man statt Kugeln von 2 μ Durchmesser Zylinder von 2 μ Höhe und 0,5 μ Durchmesser annehmen. Es ergibt sich dann, dafs ca. 20mal soviel Zylinder 1 mg wiegen, als Kugeln. Diese Zahl wäre aber wieder viel zu hoch gegriffen, da ja die Bakterien nicht möglichst gleichmäfsig und eng beieinander liegen. Man wird wohl nicht fehlgehen, wenn man unter Berücksichtigung dieses Umstandes annimmt, dafs 5mal soviel Zylinder auf 1 mg gehen, als Kugeln, d. h. 4000 Millionen trockener Bakterien 1 mg wiegen.

Die hieraus berechneten Zahlen sind in den letzten Reihen der Tabellen zusammengestellt. Sie zeigen ebenfalls, dafs die Schwankungen der einzelnen Versuchsergebnisse sehr grofs sind,

dafs aber weder bei vegetabilischer noch bei animalischer Kost eine Zu- oder Abnahme der Keime zu konstatieren ist. Auch den bei den Tierversuchen hierfür berechneten Zahlen habe ich nichts weiter hinzuzufügen.

Fasse ich zum Schlufs das Ergebnis meiner Untersuchungen zusammen, so ergeben sich folgende Sätze:

Der trockene Kot gesunder Erwachsener besteht bei gemischter Kost aus rund 9% trockener Bakterien. Eine wesentliche Änderung dieser Zahl ist weder bei rein vegetabilischer, noch bei rein animalischer Kost zu konstatieren.

Ebensowenig zeigte sich eine Änderung in der Anzahl der Kotbakterien bei Hunden, welche einerseits mit Fleisch, anderseits mit Kartoffeln und Brot gefüttert wurden.

Von Herbivoren hat die Kuh mittleren Bakteriengehalt des Kotes, Kaninchen dagegen sehr wenig; als Grund hierfür ist die aufserordentliche Trockenheit des Kaninchenkotes anzusehen.

Literatur.

Almquist, Zeitschr. f. Hyg. u. Inf., Bd. 28, 1898.
Brotzu, Ref. Zentralbl. f. Bakt., Bd. 17, 1895.
Eberle, Zentralbl. f. Bakt., 1896.
Escherich, Die Darmbakterien des Säuglings. Stuttgart, 1886.
de Giaxa, Ref. Baumgartens Jahresber. 1888, S. 469.
Hammerl, Zeitschr. f. Biologie, Bd. 35, 1897.
Klein, Zentralbl. f. Bakt., 1900.
Kuisl, I.-Diss. München, 1885.
Leschziner, Dtsch. Ärztezeitung, 1903.
Nägeli, zit. bei Cornelia de Lange, Jahrb. f. Kinderheilkd. 54, 1901.
Rubner, Zeitschr. f. Biologie, Bd. 15, 1879.
Rubner, Hyg. Rundschau, 1899.
Schierbeck, Arch. f. Hyg., Bd. 51, 1904.
Schittenhelm und Tollens, Zentralbl. f. inn. Med., 1904.
Schmitz, Zeitschr. f. physiolog. Chemie, Bd. 17.
Schmitz, Zeitschr. f. physiolog. Chemie. Bd. 19.
Stern, Zeitschr. f. Hyg., Bd. 12.
Schmidt und Strafsburger, Die Fäces des Menschen. Berlin, 1905.
Strafsburger, Zeitschr. f. klin. Med., Bd. 46, 1902.
Sucksdorff, Arch. f. Hyg., Bd. 4, 1886.
Uffelmann, Dtsch. Arch. f. klin. Med., Bd. 28, 1881.

Über Ernährungspolyneuritis.

Von

Prof. Dr. C. Eykman.

(Aus dem Hygienischen Institut der Universität Utrecht.)

Einleitung.

Vor einigen Jahren wurden von mir Untersuchungen mitgeteilt über eine auf der Insel Java wahrgenommene beri-beriartige Krankheit, deren Entstehung offenbar in engem Zusammenhang stand mit der Ernährung.[1]) Nach meiner Rückkehr von Java wurden diese Untersuchungen im Auftrage der Nied.-Indischen Regierung von Dr. G. Gryns[2]) fortgesetzt, welcher in vielen Punkten meine Beobachtungen bestätigen konnte und neue, wichtige Tatsachen hinzufügte. Auch Dr. G. Maurer[3]) teilt in einer Abhandlung über »die Ätiologie von Beri-Beri und Psilosis« mit, dafs er meine Versuche wiederholt habe und zu denselben Ergebnissen gekommen sei.

Allein auch ich selbst habe, nach meiner Rückkehr in Holland, das Studium dieser Krankheit nicht ganz aufgegeben und nach einigen fehlgeschlagenen Versuchen ist es mir gelungen, dieselbe auch im gemäfsigten Klima hervorzurufen. Dadurch ge-

---

1) Siehe: Geneesk. Tydschr. v. Ned. Indie, 1890—96, u. Virchow's Archiv, Bd. 148, 1897.

2) Geneesk. Tydschr. v. Ned. Indie, 1901.

3) Eod. loc. 1903.

winnen die betreffenden Wahrnehmungen und Tatsachen zweifelsohne eine erhöhte Bedeutung. Denn es ist nun nicht mehr lediglich die Analogie mit einer übrigens sehr interessanten, aber auf gewisse Gegenden beschränkten menschlichen Krankkeit, der Beri-Beri, welche denselben ihren Wert verleiht. Die Tragweite unserer Befunde ist somit eine viel gröfsere geworden. In erster Linie sind sie von Wichtigkeit für die Ernährungsphysiologie und Ernährungshygiene, da sie lehren, dafs eine augenscheinlich physiologisch zusammengesetzte Nahrung ernstliche Krankheitserscheinungen hervorrufen und den Tod herbeiführen kann. Ferner können sie besonders auch den Neurologen interessieren, weil sie ihm ein niemals fehlendes Mittel verschaffen, auf rein experimentellem Wege Polyneuritis hervorzurufen und die Entstehung, den Verlauf und die Genesung dieser Affektion zu verfolgen.

Meine fortgesetzten Untersuchungen wurden wieder in erster Linie an Hühnern ausgeführt. Jedoch habe ich, ebenso wie schon früher geschah, die Ernährungsversuche auch auf Säugetiere erstreckt, und dabei ebenfalls bemerkenswerte Krankheitserscheinungen beobachtet, welche aber nicht alle in das Gebiet der Polyneuritis gehören. Hierüber wird in einer folgenden Mitteilung Bericht erstattet werden.

I. Versuche mit roher Nahrung.

Bevor wir zur Mitteilung der Ergebnisse unserer jüngsten, die Polyneuritis der Hühner betreffenden Studien übergehen, scheint es erwünscht, eine kurze Übersicht zu geben über dasjenige, was früher von mir auf diesem Gebiete beobachtet wurde und über die wichtigen von Gryns hinzugefügten Resultate. Für die ausführlichere Beschreibung wird auf die oben angeführten Abhandlungen verwiesen.

Es handelt sich um eine Krankheit, welche sowohl klinisch als pathologisch-anatomisch das Bild einer Polyneuritis aufweist. Klinisch treten am meisten in den Vordergrund Motilitätsstörungen: Paresen, in Paralysen übergehend, welche zuerst an

den untern Extremitäten auftreten, nach oben fortschreiten und schliefslich so gut wie die ganze Körpermuskulatur betreffen. Der Kropf entleert sich träge und mangelhaft. Nicht selten treten Schluckbeschwerden hinzu, wodurch die Tiere nur mühsam Nahrung zu sich nehmen können und schnell abmagern. Auch Atemnot bleibt nicht aus, so dafs die Tiere gewöhnlich asphyktisch zugrunde gehen. Der Tod tritt in perakut verlaufenden Fällen schon am 2.—3. Krankheitstage auf, meistens jedoch erst einige Tage später.

Die Erscheinungen sind schon beim Anfang der Krankheit so charakteristisch, namentlich sind die Störungen im Gange so unverkennbar, dafs die Diagnose keine Schwierigkeiten bietet und kaum durch die mikroskopische Untersuchung der Nerven bestätigt zu werden braucht.

Die Affektion der peripheren Nerven ist das Wichtigste, was die Untersuchung post mortem an den Tag bringt. Sie betrifft sowohl die sensibeln als die motorischen Bahnen, tritt in den Nervenstämmen bündelweise auf und bietet ganz das Bild der nicht entzündlichen, atrophischen Degeneration dar, wie diese nach Durchschneidung von Nerven an dem vom Zentrum getrennten Stück wahrgenommen wird.

Es fehlen aber auch nicht gewisse Veränderungen am Rückenmark und den Rückenmarkswurzeln. Diese zeigen ebenfalls den Charakter der Degeneration und Atrophie. Auch die durch die kranken Nerven innervierten Muskeln sind in Mitleidenschaft gezogen; in einer Anzahl quergestreifter Muskelfasern, nicht aber in allen Fasern desselben Muskels, lassen sich mit Osmiumsäure eine grofse Menge feiner Fetttröpfchen nachweisen.

In betreff der Ätiologie haben meine indischen Untersuchungen ans Licht gebracht, dafs die Krankheit die Folge des Genusses stärkemehlhaltiger Nahrung war, ohne dafs aber Veranlassung bestand, darin die Anwesenheit eines Nervengiftes anzunehmen, welches für die auftretenden Krankheitserscheinungen verantwortlich gemacht werden könnte.

Von den hier in Betracht kommenden Nahrungsmitteln mufs der Reis an erster Stelle genannt werden. Fütterung mit

geschältem Reis jeder Herkunft oder Güte und ungeachtet ob dieser roh oder gekocht war, rief die Krankheit, frühestens nach 3—4 Wochen, hervor. Zur Annahme giftiger Bestandteile in diesem Reis — man könnte am ehesten an giftige Pilze, wie Mutterkorn oder an durch Fäulnis entstandene toxische Produkte denken oder z. B. an Blei, womit die Körner beim Schälen in Berührung gekommen sein könnten — bestanden keine genügenden Gründe. Sogar die ganz unversehrten Reiskörner von der letzten Ernte, sehr sorgfältig geschält und sofort danach dargereicht, erregten ausnahmslos bei damit gefütterten Hühnern die Krankheit.

Dazu kam, dafs dieselben Reiskörner, in ungeschältem Zustande (gekocht oder ungekocht), sich als unschädlich erwiesen, ja sogar imstande waren, schon kranke Tiere zu heilen. Auch durch Zusatz von Reiskleie zu den geschälten Körnern wurde denselben ihre schädliche Wirkung genommen.

Aus diesen Gründen, wie auch aus anderen Erwägungen, welche jetzt aufs neue hervorzuheben uns zu weit führen würde, kamen wir zu dem Schlusse, dafs in der Reishülse, namentlich in deren innerem Teile, dem sogenannten Silberhäutchen, ein beschützender Stoff (oder mehr als ein Stoff?) vorhanden sein müsse, welcher ohne Schaden für die Gesundheit nicht entbehrt werden kann. Über die Beschaffenheit dieses Stoffes blieben wir im ungewissen. Nur konnte gesagt werden, dafs weder die Armut des geschälten Reises an Nahrungssalzen noch an Eiweifs oder an Fett, an und für sich als Ursache der Krankheit betrachtet werden dürfte. Auch Inanition durch teilweise geschehende oder gänzliche Entziehung fester Nahrung ruft die Krankheit nicht ohne weiteres hervor.

Aufser Reis sind noch verschiedene andere Amylaceen imstande, Polyneuritis bei Hühnern hervorzurufen. Wir versuchten mit positivem Resultate verschiedene Stärkemehlsorten, wie Ambon-sago, Perltapiocca und Sago von der Arenpalme (arenga saccharifera). Dagegen gab Kartoffelstärke ein negatives Resultat, ein wichtiger Punkt des Unterschieds, worauf ich später noch zurückkomme.

Dafs nichtsdestoweniger das Entstehen der Krankheit mit dem Genufs stärkemehlhaltiger Nahrung verbunden war, ging auch aus dem Umstande hervor, dafs bei Fütterung mit amylumfreien Nahrungsstoffen (Fleisch, Milchzucker, Rohrzucker) die Krankheit nicht auftrat und kranke Tiere sogar genasen.

Vorhergehendes gibt in kürzen Zügen wieder, was meine Untersuchungen in Indien in betreff der bezüglichen Hühnerkrankheit gelehrt hatten. Sehen wir nun, was die Befunde von Gryns waren, der mit der Fortsetzung dieser Untersuchungen beauftragt worden war.

Zunächst konnte er die Beobachtung bestätigen, dafs die Hühnerkrankheit bei Ernährung mit geschältem Reis entstehe, und dafs die Reishülsen (bezw. Silberhäutchen), wenn sie in genügender Menge damit vermischt sind, eine schützende, ja sogar heilende Wirkung ausüben.

Auch die Versuche mit frischgeschältem Reis wurden wiederholt mit Hinblick auf die von mehreren Seiten geäufserte Hypothese, dafs Beri-Beri verursacht werde durch ein Gift, welches sich in den nach der Schälung unsorgfältig aufbewahrten Reiskörnern entwickeln sollte. Obwohl der Reis nach Landesart als »Padie« (d. h. in den Ähren) gut trocken aufbewahrt und von Zeit zu Zeit in der Sonne gelüftet wurde, um sie vor der Einwirkung der Feuchtigkeit zu schützen und obgleich derselbe erst unmittelbar vor der Darreichung geschält wurde, erkrankten dennoch alle damit gefütterten Hühner mit den typischen Erscheinungen von Polyneuritis, während in den nach Marchi behandelten Nerven viele degenerierten Fasern gefunden wurden.

Ferner konstatierte Gryns, dafs die Samen gewisser Leguminosenarten, besonders von »katjang hidju« (phaseolus radiatus), wenn sie zum geschälten Reis hinzugefügt wurden, sowohl eine prophylaktische als eine heilende Wirkung ausübten, welche aber nicht nur der Samenhülse, sondern auch dem Kerne zu eigen war. Die keimenden Samenkörner jedoch haben diese Eigenschaft verloren.

In Übereinstimmung mit meinen Erfahrungen, dafs weder »Salzhunger« noch Mangel an Eiweifs oder Fett die eigentliche

Ursache der Krankheit war, fand Gryns ferner, dafs die schützende Wirkung des Silberhäutchens weder dessen Salzen noch dem darin befindlichen Fette zugeschrieben werden durfte. Seine Versuche, den hypothetischen schützenden Stoff aus dem Silberhäutchen des Reises und aus dem phaseolus radiatus zu isolieren, schlugen fehl. Aber auch die extrahierten Silberhäutchen hatten bei dieser Behandlung ihre heilsame Wirkung verloren. Gryns meint daher, dafs derselbe bei der angewandten Extraktionsmethode ganz oder gröfstenteils verloren gegangen, d. h. destruiert worden sei.

Dieses veranlafste ihn, zu untersuchen, ob durch Erhitzung des ungeschälten Reises und von phaseolus radiatus die darin anzunehmenden beschützenden Stoffe unwirksam gemacht würden. In der Tat stellte sich heraus, dafs dies bei Erhitzung auf 120° bis zu einem gewissen Mafse der Fall war. Von 4 mit sterilisiertem ungeschältem Reis gefütterten Hühnern starben wenigstens 2 an Polyneuritis nach 5, bezw. 6 Monaten, während die beiden andern nach 11 Monaten noch nicht erkrankt waren.

Und was den phaseolus anbetrifft, so war, während Hinzufügung von 10 g davon zu 50 g Kochreis sonst imstande war, das Hervortreten der Krankheit zu verhüten, dieses nicht mehr der Fall, wenn die Samenkörner zuvor bei 120° während einer Stunde erhitzt worden waren.

Vier auf diese Weise gefütterte Hühner starben nach 33—37 Tagen an Polyneuritis.

Bei den Bearbeitungen, welche zur Absonderung der hypothetischen beschützenden Stoffe ausgeführt wurden, waren so hohe Temperaturen, wie 120°, nicht angewandt worden. Höchstens wurde Kochhitze benutzt. Wenn man ferner erwägt, dafs nach meiner, von Gryns bestätigten, Erfahrung das Kochen des ungeschälten oder halbgeschälten (d. h. des noch mit dem Silberhäutchen versehenen) Reises demselben die heilsame Wirkung nicht raubt, so leuchtet es ein, dafs die mifslungenen Versuche von Gryns, beschützende Stoffe abzuscheiden, nicht der destruierenden Wirkung hoher Temperaturen zugeschrieben werden können. Wie dem auch sei, es ist als ein glücklicher Griff zu

betrachten, dafs Gryns seine Nahrungsmittel bis auf soviel höhere Temperaturen erhitzte und die merkwürdige Tatsache ans Licht brachte, dafs sie dabei ihre gegen Polyneuritis beschützende Eigenschaft verlieren.

Nicht weniger wichtig ist seine Entdeckung, dafs auch sterilisiertes Fleisch, ohne weiteres Hühnern als Nahrung dargereicht, Polyneuritis hervorruft.

Mit rohem Fleisch ist dieses durchaus nicht der Fall, im Gegenteil hatten meine Untersuchungen schon dargelegt, dafs kranke Hühner durch ausschliefsliche Ernährung mit rohem Fleische am schnellsten auf den Weg der Besserung gebracht werden konnten. Gryns unterzog 8 Hähne dem Versuch mit (in einem Autoklaven bei 120° während 2 Stunden) erhitztem Fleisch. Von diesen bekamen fünf nach längerer oder kürzerer Zeit, abwechselnd von 14 Tagen bis 5 Monaten, deutliche Erscheinungen von Polyneuritis. Indem er hieraus den Schlufs zog: dafs die Entstehung der Krankheit von der Anwesenheit von Kohlehydraten gänzlich unabhängig sei, wo er höchstens hätte schliefsen können: unabhängig sein könne, versuchte Gryns nun ferner nachzuweisen, dafs das Auftreten der Erkrankung nicht, wie ich meinte, an bestimmte Sorten von Stärkemehl gebunden sei.

Dazu fütterte er eine Anzahl von Hühnern mit 30 g Kartoffelstärke bezw. Milchzucker und 25 g sterilisierten Bohnen von Phaseolus radiatus, sah dabei die Krankheit auftreten und zog folgenden, mit dem meinigen in Widerspruch stehenden Schlufs: »dafs das Kartoffelmehl und der Milchzucker sich nicht anders betragen als der geschälte Reis.« Demgegenüber mufs ich die Bemerkung machen, dafs die obengenannten, sterilisierten Bohnen eine stärkeenthaltende Nahrung sind, welche durch Erhitzung ihrer protektiven Eigenschaft beraubt worden, so dafs genug Grund vorhanden ist zu der Annahme, dafs sie an und für sich, ebenso wie der sterilisierte ungeschälte Reis, Polyneuritis hervorrufen können. Wenn dem so ist, kann aus den betreffenden Versuchen nicht mehr gefolgert werden, als dafs das Kartoffelmehl und der Milchzucker nicht imstande waren,

das Ausbrechen der Krankheit zu verhindern, was denn doch etwas anderes ist, als dafs sie diese verursachen. Gryns hat aufserdem gar nicht in Betracht gezogen, dafs von mir auch Fütterungsversuche mit Kartoffelmehl ohne jeden Zusatz genommen wurden, und dafs ich dabei die Krankheit nicht auftreten sah. Der Unterschied zwischen dieser Stärke und Milchzucker einerseits und den übrigen von mir geprüften Amylaceën anderseits ist also von Gryns in der Tat nicht, wie er meint, aus der Welt geschafft worden. Hierauf komme ich nachher, bei der Beschreibung meiner in Holland angestellten Versuche, zurück.

Erwähnen wir ferner noch, dafs Gryns auch Enten Polyneuritis bekommen sah bei Fütterung mit geschältem Reis. Dieses ist insofern von grofser Wichtigkeit, weil Enten nicht, wie Hühner, einen Kropf haben, worin das Futter zerweicht wird und der Wirkung von Mikroorganismen ausgesetzt ist. Mithin konnte ausgeschlossen werden, dafs die Krankheit zurückzuführen wäre auf die Produktion von Nervengiften (Alkohol!) durch Gärungsprozesse im Inhalte des genannten Organs.

Endlich sei noch eine Beobachtung von Gryns genannt, welche völlig mit unserer reichen und langen Erfahrung auf diesem Gebiete im Widerspruch steht, diese nämlich, dafs dann und wann Polyneuritis auch bei Ernährung mit ungeschältem Reis auftrat. Diese Beobachtung wäre wohl geeignet, alles, was sowohl von mir als von Gryns gefunden worden über den Zusammenhang zwischen der Art der Ernährung und der Polyneuritis der Hühner wieder ins Schwanken zu bringen.

Gryns sieht hierin denn auch einen Fingerzeig, dafs dieser Zusammenhang durchaus nicht so innig sei, wie es anfänglich schien. Diese einigermafsen nihilistische Ansicht gibt er aber später, wie es uns vorkommen will, wieder preis, indem er, alle Ergebnisse noch einmal zusammenfassend, zum Schlusse gelangt, dafs in unterschiedenen natürlichen Nahrungsmitteln Bestandteile vorkommen, welche ohne Schaden für das periphere Nervensystem nicht entbehrt werden können, und dafs einige Nahrungsmittel sehr arm daran seien.

Wir kommen auch auf diesen Punkt, sowie auf andre Kontroversen, welche uns mit zu erneuten Untersuchungen veranlafsten, sofort zurück.

Wie schon gesagt, waren unsere ersten Versuche in Holland, bei Hühnern Ernährungspolyneuritis hervorzurufen, ohne Erfolg geblieben. Von 5 mit geschältem Reis gefütterten Hühnern starben drei nach 15, bezw. 20 und 37 Tagen ohne deutliche Kennzeichen der Krankheit, die übrigen zwei waren nach 5 Monaten, als der Versuch eingestellt wurde, noch am Leben.

Nach diesem negativen Ergebnis wiederholte ich den Versuch mit Hühnern und Kochreis, welche beide eigens zu diesem Zwecke aus Java herübergeschickt worden. Vier Hühner wurden dem Versuche unterzogen, während drei anderen, welche zur Kontrolle dienten, das gewöhnliche Hühnerfutter bekamen. Von den 4 Versuchstieren starb eins nach 38, ein zweites nach 44 Tagen, während die übrigen, ebenso wie die Kontrolltiere, nach 2 Monaten, als der Versuch aus äufseren Gründen eingestellt wurde, noch am Leben waren. Die eingegangenen Tiere zeigten vorher keine charakteristischen Krankheitserscheinungen. Sie waren abgemagert, mit ausstehenden Federn, matt und soporös, dabei ein wenig schwach auf den Füfsen, ohne jedoch typische Störungen im Gange aufzuweisen. Auch wurde keine Degeneration der peripheren Nerven gefunden.

Da die Tiere den Reis schlecht frafsen, obgleich derselbe zur Abwechslung bald gekocht, bald roh verabreicht wurde, habe ich, hierin einem Winke meines Freundes und Amtsgenossen, Prof. Pekelharing, folgend, bei den folgenden Versuchen die gezwungene Fütterung angewandt. Der Reis wurde gemahlen und mit ein wenig Wasser zu Kugeln geknetet, welche den Hühnern in den Schnabel gebracht wurden, ab und zu durch einen Löffel Wasser abgewechselt. Die Tiere verschluckten geduldig, was ihnen auf diese Weise dargereicht wurde, und so gelang es, zweimal am Tage ihren Kropf zu füllen, jedesmal mit ungefähr 50 g gemahlenem Reis. Das Ergebnis dieses Versuchs war nicht zweifelhaft. Alle 4 Versuchstiere wurden von Poly-

neuritis befallen, bei allen waren die Erscheinungen sehr deutlich und wurden die Nerven auch in hohem Maſse degeneriert befunden:

Fütterung mit geschältem Reis	Anfang der Krankheit	Ausgang
1. Ind. Hahn . .	32. Tag	gestorben am 39. Tag
2. » » . .	26. »	getötet » 29. »
3. Holl. Henne . .	16. »	gestorben » 20. »
4. » » . .	27. »	genesen bei Fütterung zuerst mit rohem Fleisch, dann mit ungeschältem Reis.

Zur Kontrolle wurden eine holländische Henne und ein indischer Hahn mit gemahlenem ungeschältem Reis (»Gaba«) gefüttert. Erstere hatte nach gut 4 Monaten, als der Versuch eingestellt wurde, bedeutend an Körpergewicht abgenommen (von 1330 g auf 630 g), war aber noch gut zu Fuſs; der Hahn ist nach etwa 2 Monaten gestorben an einer interkurrenten Krankheit (diphtheritische Nasen-Halsaffektion). Bei allen folgenden Versuchen wurde kein gemahlenes Futter mehr benutzt. Es zeigte sich nämlich, daſs die gezwungene Fütterung sich auch sehr gut mit den ganzen Körnern ausführen läſst. Auch haben wir ferner bloſs holländische Hühner gebraucht, da der indische Vorrat zu Ende war.

Nun, die Versuche mit den ganzen Körnern hatten ebenfalls zum Resultate, daſs die mit geschältem Reis gefütterten Hühner von Polyneuritis befallen wurden (klinische und mikroskopische Diagnose), die mit ungeschältem Reis gefütterten hingegen nicht.

Da, im Gegensatz zu meinen Erfahrungen, Gryns die Krankheit in Indien einzelne Male auch bei Fütterung mit nicht enthülstem Reis auftreten sah, habe ich dieser Frage bei meinen fortgesetzten Untersuchungen besondere Aufmerksamkeit gewidmet. Gryns meint meine negativen Erfahrungen in Indien aus dem Umstande erklären zu können, daſs viele von meinen Versuchstieren an interkurrenten Krankheiten starben, sodaſs mir die Gelegenheit zu längerer Beobachtung fehlte. Und gerade bei der Fütterung mit ungeschältem Reis sah er die Krankheit gewöhnlich erst nach mehreren Monaten auftreten. Indem ich meine indischen Notizen zu rate ziehe, finde ich aber, daſs es

unter meinen Versuchen mit ungeschältem oder halbgeschältem (d. i. noch mit dem Silberhäutchen versehenem) Reis eine nicht unbeträchtliche Anzahl gegeben, welche mehrere Monate dauerten, ohne dafs jemals Polyneuritis auftrat. Aufserdem kann ich noch verweisen auf die Versuche VIII B, IX B, X B, XII und XIII meiner Publikation in der Geneesk. Tijdschrift voor Ned. Indie, woraus hervorgeht, dafs vier Hähne während 5 Monaten, zwei während gut 6 Monaten, zwei während 10 Monaten und einer sogar während 11 Monaten auf die genannte Weise ernährt wurden, ohne zu erkranken. Dieses sind einige Beispiele aus vielen, welchen bei uns kein einziger Fall mit positivem Erfolg gegenübersteht. Denn auch bei unseren Untersuchungen in Holland waren die Ergebnisse keine andern. Im ganzen habe ich aufser den beiden obengenannten (Fütterung mit gemahlenem Gaba) noch 7 Hühner, teilweise mit rohem, teilweise mit gekochtem Gaba ernährt. Zwei davon sind nach beinahe 8 resp. gut 10 Monaten an einer interkurrenten Krankheit zugrunde gegangen, ohne während ihres Lebens oder post mortem Zeichen von Polyneuritis aufgewiesen zu haben. Die fünf andern wurden während 4 Monaten dem Versuche unterworfen, und als dieser eingestellt wurde, hatten die Tiere zwar an Gewicht abgenommen, von der Erkrankung war jedoch keine Spur zu entdecken.

Auch ist es auffallend, dafs Gryns, der von Anfang seiner Untersuchungen an stets einige Hähne vorrätig gehalten und mit ungeschältem Reis gefüttert hatte, erst anderthalb Jahre später einen Fall von Polyneuritis darunter beobachtete. Die alsdann absichtlich von ihm mit jener Nahrung angestellten Fütterungsversuche ergaben kein eindeutiges Resultat. Nur zwei von vier Versuchshähnen wurden krank und starben, und zwar ohne typische Motilitätsstörungen gezeigt zu haben. Nervendegeneration war in einem Falle reichlich, im andern Falle nur sehr sparsam vorhanden.

Nun will ich gern zugeben, dafs positive Resultate, wie die von Gryns, mehr beweisen als noch so viele negative Resultate. Doch wird man mein Verlangen billigen, dafs, wo in dieser Hinsicht Unsicherheit besteht, die Wahrnehmungen von Gryns erst

von anderer Seite bestätigt werden, ehe denselben beim Ziehen von Schlufsfolgerungen eine überwiegende Bedeutung beigemessen wird. Keinesfalls aber wird, meiner Ansicht nach, der Schlufs wie bei Gryns, lauten dürfen, dafs der Zusammenhang zwischen der Krankheit und der Art der Nahrung ein wenig inniger sei. Es sind ja die zahlreichen Versuche, sowohl von Gryns als von mir, wobei erkrankte Tiere durch Veränderung der Nahrung wie mit einem Zauberschlage genesen, da, um zu beweisen, dafs tatsächlich die Art der Ernährung die Krankheit direkt beeinflufst.

Ebenso wie schon früher in Indien von mir und später von Gryns, aber vergebens, geschehen war, habe ich auch jetzt wiederum versucht, aus dem Silberhäutchen einen Bestandteil zu isolieren, welcher gegen Polyneuritis schützende Eigenschaften besitzt. Mehr speziell habe ich dabei in erster Linie meine Aufmerksamkeit einem Stoffe gewidmet, welcher von Dr. P. A. Boorsma[1]) zuerst aus den Reishülsen abgesondert wurde und welcher darin in ziemlich grofser Menge vorhanden ist. Es betrifft eine Substanz, welche sehr reich ist an organisch gebundenem Phosphor. Auch in andern Gramineën scheint ein derartiger Stoff vorzukommen, jedenfalls gelang es mir leicht, denselben aus Weizenkleie zu erhalten.[2])

Es ist eine weifse, voluminöse Masse, welche sich in Wasser kaum, aber in verdünnter Säure sehr leicht löst und daraus durch Neutralisierung wieder niedergeschlagen wird. Dafs derselbe aus Kleie durch Wasser ausgezogen werden kann, ist einer Säure zuzuschreiben, welche in der Kleie vorhanden ist.

Die Lösung in verdünnter Essigsäure zeigt die Eigentümlichkeit, dafs sie bei Erhitzung trübe wird. Bei etwa 60° nimmt die Trübung einen Anfang, bei 65° scheiden sich Flocken ab. Bei Abkühlung löst sich aber dieser Niederschlag wieder ganz.

Bei Verbrennung liefert der Stoff $\pm$ 70% Asche, wovon mehr als die Hälfte besteht aus P_2O_5; ferner wechselnde Mengen

1) Geneesk. Tydschr. voor Ned. Indie, 1899.

2) Vgl. auch Posternak, Comptes rend. de l'Ac. d. Sc., 1903.

Fe_2O_3, CaO, Mg^0, K_2O. Der Stickstoffgehalt schwankte nach Boorsma von 0,3 bis 1,2%.[1])

Im Samenkern des Reises fand Boorsma diese Substanz nicht. Dieses und die Erwägung, dafs eine organische Phosphorverbindung vielleicht bei der Ernährung des peripheren Nervensystems von Wichtigkeit sein könne[2]), liefs mich von der heilsamen Wirkung dieses Stoffes wohl etwas erwarten, um so mehr, als sie bei 110° anfängt, sich zu zersetzen, womit die von Gryns ermittelte nachteilige Wirkung der Sterilisation der Nahrung erklärt wäre. Ich wurde jedoch in meinen Erwartungen enttäuscht. Der genannte Stoff erwies sich, in reichlicher Menge zum geschälten Reis hinzugefügt, als unfähig, weder die Entstehung der Krankheit zu verhindern, noch kranke Tiere zu genesen. Es hatte übrigens schon Gryns die gleiche Erfahrung gemacht. Derselbe bekam sogar mit dem wässerigen Extrakt der Reiskleie, in toto genommen, nur negative Resultate. In dieser Hinsicht bin ich glücklicher gewesen. Es gelang mir, kranke Tiere damit zu heilen, ohne dafs übrigens die Nahrung, die sie krank gemacht hatte, geändert wurde. Auch nachdem die obenerwähnte organische Phosphorverbindung daraus durch Alkalisierung, Erhitzung und Abfiltrieren entfernt worden war, hatte der Extrakt noch seine Heilwirkung behalten. Weiter kann ich über das heilende Prinzip der Reiskleie nichts mitteilen, als noch dies, dafs es dialysierbar zu sein scheint und im Alkoholpräzipitat des Extrakts nicht übergeht.

Es lag auf der Hand, aufser mit Reis, auch mit andern Getreidesorten Versuche anzustellen, um zu ermitteln, ob auch hierbei ein nachteiliger Einflufs des Schälens ans Licht treten würde.

Es wurden aber derartige Experimente nur in geringer Zahl ausgeführt, weil schon bald die Untersuchungen über die schädliche Wirkung sterilisierter Nahrung, wovon sogleich die Rede sein wird, uns ganz in Anspruch nahmen.

1) Nach Posternak (a. a. O.) enthält der gereinigte, von ihm Phytin benannte Stoff kein Stickstoff, sondern handelt es sich um das Calcium-Magnesium-Kaliumsalz der Oxymethylen-phosphorsäure.

2) Halliburton sah den Phosphor aus den Nerven im Verlaufe der Degeneration gänzlich schwinden. Croonian Lectures London 1901.

Das Einzige also, was wir mitteilen können, ist das Ergebnis einer Versuchsreihe mit Gerstefütterung.

Zwei Hühner, welche geschälte Gerste (Graupen) bekamen, nahmen allmählich an Körpergewicht ab und starben nach $3^1/_2$ bzw. 11 Monaten, ohne Motilitätsstörungen aufgewiesen zu haben. Doch wurde bei einem, einem Hahne, eine grofse Zahl degenerierte Fasern im n. ischiadicus vorgefunden. Beim andern Versuchstiere, einer Henne, wurden nur wenige degenerierte Fasern angetroffen. Von den zwei mit ungeschälter Gerste gefütterten Kontrollhühnern ist eins nach 5 Monaten an einer interkurrenten Krankheit (diphtheritische Nasen-Halsaffektion) ohne Nervendegeneration zugrunde gegangen. Das andere Versuchstier war nach $12^1/_2$ Monaten, als der Versuch eingestellt wurde, noch gesund; das Körpergewicht betrug dann 1830 g gegen 1610 g beim Anfange des Versuchs. Ich kann hier noch einen Versuch mit ungeschälter Gerste, welcher bei einer andern Gelegenheit gemacht wurde, hinzufügen. Ein Hahn behielt bei dieser Ernährung 12 Wochen sein Körpergewicht, wurde dann von der diphtheritischen Nasen-Halsaffektion befallen, welche schon so oft unseren Versuchen ein unzeitiges Ende bereitete, und starb etwa 10 Tage später. In dem n. ischiadicus, der wie immer nach Marchi's Methode behandelt wurde, fanden sich keine Zeichen von Degeneration. Aus diesen Versuchen kann geschlossen werden, dafs die ungeschälte Gerste mit dem ungeschälten Reis auf eine Linie zu stellen ist. Die Ergebnisse mit geschälter Gerste sind aber weniger entscheidend. Wohl scheint diese Nahrung, ebenso wie gepellter Reis, die Entstehung von Polyneuritis zu fördern, es würden aber noch mehr Versuche nötig sein, um diesen Punkt klarzustellen.

An dieser Stelle dürfte es angebracht sein, eine Beobachtung zu erwähnen, welche wir Herrn de Bruyn, Professor an der Tierarzneischule zu Utrecht, verdanken. Nachdem dieser unsere Frage, ob eine Krankheit, wie die von uns experimentell hervorgerufene, mitunter spontan bei Hühnern auftrete, schon im bejahenden Sinne beantwortet hatte, fand er später Gelegenheit, ein Spezimen davon zu unserer Verfügung zu stellen. Es

war ein Hahn, der unverkennbar die Erscheinungen der Krankheit darbot. Das Tier wurde zur weiteren Untersuchung geopfert und in verschiedenen Nerven, besonders in dem n. ischiadicus, konnte eine grofse Anzahl degenerierter Fasern aufgefunden werden. Das Futter dieses Tieres hatte aus einer Mischung von Mais, Buchweizen, Gerste und geschältem Reis bestanden.

2. Versuche mit im Autoklaven erhitzter Nahrung.

Wie wir vorhin sahen, fand Gryns, dafs sowohl ungeschälter Reis (»Gaba«) als Fleisch, beide Nahrungsmittel, welche imstande sind, kranke Tiere zu genesen, nach Erhitzung auf 120° im Gegenteil bei den Hühnern Polyneuritis verursachen können. Hieraus könnte, im Zusammenhang mit den schon bei andern Versuchen gemachten Erfahrungen, geschlossen werden, erstens, dafs die in den genannten Nahrungsmitteln angenommenen beschützenden Stoffe durch hohe Temperatur vernichtet werden und zweitens, dafs die Entstehung der Krankheit nicht unbedingt von der Anwesenheit von Stärke in der Nahrung abhängig sei.

Unsere eigenen Versuche mit sterilisiertem »Gaba« bestätigten nun zwar vollkommen, was Gryns in bezug hierauf gefunden hatte, nicht aber diejenigen mit sterilisiertem Fleisch.

Der ungeschälte Reis wurde in einem Papin'schen Topfe, also mittels gespannten Wasserdampfes, während 2 Stunden bei 125° erhitzt und danach wieder getrocknet. Ein damit gefütterter Hahn zeigte nach 18 Tagen schon deutliche Symptome der Krankheit und starb 3 Tage später. Das Körpergewicht hatte in der Zeit von 1650 g abgenommen bis auf 1040 g. In dem n. ischiadicus wurde bündelweise vorkommende, frische Degeneration angetroffen. Ein zweites Versuchstier, eine Henne, war am 19. Tage sichtlich von der Krankheit befallen, während das Körpergewicht von 1800 g bis auf 1380 g abgenommen hatte. Von da an wurde das Tier künstlich mit rohem Gaba genährt und befand sich schon nach 2 Tagen bedeutend besser; im Ver-

laufe von etwa 6 Wochen erholte es sich gänzlich, insofern als es keine Motilitätsstörungen mehr zeigte.[1])

Bei einem folgenden Versuche wurde mit der Sterilisierungstemperatur heruntergegangen. Zwei Hähne erhielten Gaba, der während zwei Stunden bei 115° gedämpft war. Am 73. Versuchstage boten sie beide zugleich die ersten Symptome der Polyneuritis dar. Das Körpergewicht war während jener Zeit beim einen von 1480 auf 1380 g zurückgegangen, beim andern aber von 1580 bis auf 1710 angestiegen.

Das Resultat dieser Versuche war also wiederum ein positives, nur dafs es länger dauerte, bis die Tiere erkrankten als bei dem Versuche mit auf 125° erhitztem Gaba.

Wie wir schon früher sahen, verliert der Gaba (ungeschälter Reis) durch einfaches Kochen, durch feuchte Hitze also von 100°, sein beschützendes Vermögen nicht. Es wurde absichtlich noch ein Versuch angestellt mit Gaba, welcher, nachdem derselbe in Wasser halb gar gekocht worden, drei Stunden lang der Einwirkung strömenden Wasserdampfes ausgesetzt war. Zwei Hähne sind damit $3^1/_2$ Monat lang gefüttert worden. Sie nahmen in der Zeit an Körpergewicht ab (von 2110 g auf 1500 g, bezw. von 2410 g auf 2050 g), zeigten aber keine Zeichen von Polyneuritis. Nähere Untersuchungen werden entscheiden müssen, bei welcher Temperatur zwischen 100° und 115° die nachteilige Veränderung in der Nahrung sich bemerklich zu machen beginnt.

Einem Ernährungsversuche mit sterilisiertem Fleische sind im ganzen 3 Hühner unterworfen. Frisches Pferdefleisch wurde dazu während 2 Stunden im Autoklaven bei 120° erhitzt. Zwei von den Hühnern starben nach 1 bezw. 4 Monaten unter bedeutender Gewichtsabnahme, jedoch ohne Erscheinungen von Polyneuritis gezeigt zu haben. Beim ersten sind in dem n. ischiadicus, welcher im ganzen untersucht wurde, nur zwei, beim andern keine einzige degenerierte Nervenfaser gefunden.

1) Bei der mikroskopischen Untersuchung der Nerven augenscheinlich genesener Tiere werden noch nach längerer Zeit die Spuren von Degeneration und Regeneration wahrgenommen.

Das dritte der mit sterilisiertem Fleisch gefütterten Versuchstiere war beim Einstellen des Versuchs, nach 4 Monaten, augenscheinlich noch gesund; nur hatte das Körpergewicht abgenommen.

Zwei Kontrollhühner, die mit frischem, rohen Fleische ernährt wurden, nahmen ziemlich an Gewicht ab und starben, ohne deutliche Krankheitserscheinungen zu zeigen, nach 2 bezw. 4 Monaten. Bei einem davon wurden in dem n. ischiadicus einzelnede generierten Nervenfasern gefunden, beim andern nicht.

Da das Vorkommen einzelner degenerierten Fasern in den peripheren Nerven noch als physiologisch zu betrachten ist und unsere mit sterilisiertem Fleische genährten Hühner auch keine Erscheinungen der Krankheit zeigten, kann also nicht gesagt werden, dafs die Ergebnisse von Gryns durch unsere Versuche bestätigt wurden. Einstweilen glauben wir daher, den schon früher von uns behaupteten Standpunkt noch nicht aufgeben zu müssen, diesen nämlich, dafs Vorbedingung für die Entstehung der Krankheit die Anwesenheit von Stärke in der Nahrung ist. Fortgesetzte Untersuchungen sind abzuwarten, welche diesen Punkt zur Klarheit zu bringen haben.

Hier möge auch ein anderer Punkt hervorgehoben werden, in welchem Gryns und ich verschiedener Ansicht sind, nämlich das von mir konstatierte abweichende Betragen von Kartoffelmehl, woraus ich folgerte, dafs die Entstehung der Krankheit nicht nur durch den Gebrauch von Stärke, sondern von bestimmten Sorten von Stärke bedingt werde. Wie wir gesehen, glaubte Gryns dieser Aussage auf Grund der Ergebnisse eines von ihm gemachten Versuches, dessen Beweiskraft ich aber bestreite, widersprechen zu können. Da bei keinen meiner Versuche mit Kartoffelmehl Polyneuritis vorgekommen war, lag es auf der Hand, zu untersuchen, ob vielleicht Erhitzung im Papin'schen Topfe diese Nahrung auf ähnliche Weise verändern würde, wie es sich für den ungeschälten Reis nach den übereinstimmenden Befunden von Gryns und von mir herausgestellt hatte. Der Versuch gab eine bestätigende Antwort auf die Frage. Zwei Hühner, die mit auf 125° während 2 Stunden erhitztem

Kartoffelstärkemehl gefüttert wurden, das, um es ein wenig nahrhafter und schmackhafter zu machen, mit ein wenig frischem Fleisch vermischt war, zeigten fast gleichzeitig, am 21. Versuchstage, die ersten Erscheinungen der Krankheit. Das eine starb 5 Tage später; die mikroskopische Untersuchung der Nerven brachte ausgedehnte Degeneration ans Licht. Bei dem andern Versuchstiere wurde, sobald die Krankheitssymptome unverkennbar waren, das Futter geändert. Es bekam nun rohen Hafer und besserte sich bei dieser Nahrung schon bald. Einen Monat später wurde es zur Untersuchung der Nerven getötet; die Überbleibsel der Degeneration waren dann noch reichlich vorhanden.

Zwei Kontrollhühner, welche mit rohem Kartoffelmehl und ein wenig Fleisch genährt wurden, haben keine Spur von Polyneuritis gezeigt.

Die oben mitgeteilten Ergebnisse bestätigen also meine frühere Erfahrung betreffs des von anderen Amylaceen abweichenden Betragens von Kartoffelmehl und fügen die neue wichtige Tatsache hinzu, daſs dieser Unterschied durch Erhitzung bei 125° (vielleicht auch schon bei niedriger Temperatur) aufgehoben wird.

Man könnte, nach Analogie des beim ungeschälten Reis Bemerkten nun aus diesen Ergebnissen den Schluſs ziehen, daſs auch in Kartoffelstärke ein oder mehr »beschützende« Stoffe anwesend seien, welche durch hohe Temperatur vernichtet werden. Wir müssen aber gestehen, daſs wir uns nicht gut vorstellen können, wie davon im Kartoffelmehl eine einigermaſsen beträchtliche Menge vorhanden sein könnte. Ist ja Kartoffelmehl ein verhältnismäſsig reines Präparat und, die geringe Menge Salze, welche, wie wir sahen, hier nicht in Betracht kommen, ausgenommen, dürfte es kaum gelingen, durch Extraktion daraus etwas abzusondern. Darum wollen wir hier doch noch — ohne derselben zu viel Gewicht beizumessen — an eine andere Möglichkeit erinnern, welche früher von uns hervorgehoben wurde[1]), diese nämlich, daſs die Unschädlichkeit des Kartoffelmehls im Gegensatz zu den andern von uns geprüften Amylaceen, ihren Grund

1) Virchow's Archiv, B. 148, S. 531 u. f.

in dem bekannten Umstande haben könnte, dafs ersteres weniger leicht als letztere von Enzymen angegriffen werden. (Bakterielle Enzymen im Darmtraktus?)

Es liegt auf der Hand, dafs Erhitzung mit gespanntem Dampf das Amylum in dieser Hinsicht wesentlich verändern wird und also den betreffenden Unterschied aufheben kann.

Noch verschiedene anderen vegetabilischen Nahrungsmittel wurden von uns geprüft in bezug auf die Frage, ob sie durch starke Erhitzung schädliche Eigenschaften bekommen. In allen untersuchten Fällen war das Ergebnis ein positives.

An erster Stelle werde hier der Versuche mit Gerste Erwähnung getan. Wir sahen schon, dafs das Enthülsen der Gerste nicht einen so deutlich nachteiligen Einflufs hatte als beim Reis. Um so schlagender war hingegen das Ergebnis mit bei 135° sterilisierter (ungeschälter) Gerste. Zwei damit gefütterten Hähne zeigten beide am 20. Tage die ersten Erscheinungen der Krankheit und starben 4 Tage später. Ausgedehnte Degeneration wurde in den peripheren Nerven konstatiert.

Ein zweiter Versuch wurde mit geschälter Gerste (Graupen) angestellt, die bei 115° gedämpft war. Auch hier war das Ergebnis ein positives. Von zwei Hähnen erkrankte einer schon nach 3 Wochen mit typischen Paresen. Er bekam alsdann die Boorsma'sche organische Phosphorverbindung aus Reiskleie zu der Nahrung hinzugesetzt, die aber nicht vermochte, das Tier zu retten. Es starb einige Tage später. Der andere Hahn zeigte nach 7 Wochen die Symptome der Polyneuritis. Auch hier wurde die Nahrung nicht geändert, sondern kalt bereitetes, wässeriges Extrakt aus Reiskleie hinzugefügt. Obwohl der Ernährungszustand sich nicht zusehends besserte (das auf 1120 g herabgesunkene Körpergewicht blieb fast stationär), genasen die Motilitätsstörungen so rasch, dafs das nahezu erlahmte Tier schon nach einigen Tagen sich wieder auf den Stock setzen konnte und nach 3 Wochen der Gang wiederum fast ganz normal war.

Ein mit roher ungeschälter Gerste während 12 Wochen genährter Kontrollhahn wurde nicht von der Krankheit befallen; es ist das derselbe, dessen schon auf S. 163 erwähnt wurde.

Des weiteren sind Versuche mit Hafer angestellt. Zwei während 8 Wochen mit rohem, ungeschältem Hafer gefütterten Hähne befanden sich dauernd vollkommen wohl und haben an Gewicht zugenommen. Einer davon wurde nachher für den oben beschriebenen Versuch mit sterilisierter Gerste benutzt, und wie der Erfolg lehrte, nicht unempfänglich für die Krankheit befunden.

Zwei anderen, mit bei 125° sterilisiertem Hafer gefüttert, waren nach 17 resp. 19 Tagen offenbar von der Krankheit befallen. Einer davon starb 3 Tage später; in dem n. ischiadicus wurden, wahrscheinlich wegen des parakuten Verlaufs der Krankheit, nur zehn degenerierten Fasern gefunden. Der andere hat sich bei Vertauschung des sterilisierten mit rohen Hafer bedeutend erholt, was die Motilitätsstörungen anbetrifft, ist aber dennoch eine Woche später gestorben. Im n. ischiadicus reichliche, bündelweise auftretende Entartung.

Dahingegen scheint eine Dämpfung bei 110° nicht zu genügen um dem Hafer die erwähnte schädliche Eigenschaft zu verleihen. Von zwei damit gefütterten Hähnen starb einer nach 4 Monaten unter Erscheinungen von Zyanose, aber ohne eine Spur von Parese aufgewiesen zu haben. Der andere ist bis auf heute (nach 8 Monaten) ganz gesund und hat bedeutend an Gewicht zugenommen.

Auch mit Roggen habe ich Versuche angestellt. Der Roggen war während zwei Stunden bei 115° gedämpft und wurden zwei Hähne damit verfüttert. Dieselben erkrankten in typischer Weise nach Verlauf von nahezu zwei Monaten beide zugleich. Ohne dafs alsdann die Nahrung gewechselt wurde, sind sie wieder hergestellt, lediglich durch Darreichung eines kalt bereiteten, wässerigen Extrakts von Reiskleie. Eins der Tiere ist darnach zur Untersuchung der Nerven geopfert. Es wurden reichliche Spuren von Degeneration aufgefunden.

Schliefslich sind hier Versuche mit Hirse zu erwähnen. Diese wurden nach Anlafs der bekannten Untersuchungen von Schottelius[1]) über bakterienfreie Ernährung angestellt, wobei junge Küchlein mit sterilisierter Hirse und Eiweifs gefüttert wurden.

1) Archiv f. Hygiene, B. 42.

Auch hier war das Ergebnis unserer Versuche wiederum ein positives, wie aus folgendem hervorgeht.

Eine Henne, Gewicht 1810 g, erhielt als ausschliefsliche Nahrung Hirse, die bei 125° gedämpft war. Der Verlauf war folgender:

7. Tag . . Gewicht 1600 g
23. » . . » 1460 g
26. » . . deutliche Parese der unteren Extremitäten.

Die Nahrung wird vertauscht für rohe Hirse:

27. Tag . . die Mobilitätsstörungen haben noch zugenommen, das Tier sinkt zusammen, kann sich nicht auf den Stock setzen. Das Krankheitsbild ist unverkennbar das der Polyneuritis.
31. » . . das Tier erholt sich zusehends.
33. » . . Gewicht 1500 g.
36. » . . das Tier setzt sich wieder auf den Stock.
55. » . . Gewicht 1570 g. Das Tier ist augenscheinlich genesen.

Eine Kontrollhenne, welche von Anfang an mit roher Hirse genährt wurde, befindet sich beim Ende des Versuchs noch wohl (55. Tag), nur hat sie an Gewicht von 1320 bis 1210 g abgenommen.

Beleuchtungsverhältnisse bei direktem Hochlicht.

Von

Dr. **Hans Reibmayr**,

Assistenten am hygienischen Institute in Innsbruck.

(Aus dem hygienischen Institute der Universität Innsbruck. Vorstand: Prof. Lode.)

Das Ideal, welches die Technik der künstlichen Beleuchtung anzustreben hatte, war stets, den Effekt der Beleuchtung möglichst dem des diffusen Tageslichtes ähnlich zu machen. Das Bestreben machte sich in erster Linie für solche Lokale geltend, in welchen von vielen Personen zugleich in allen Teilen des Raumes gearbeitet wird, und für Räume, in denen Schreib- und Zeichenarbeiten und sonstige feinere Arbeiten ausgeführt werden, die möglichst die Vorteile des zerstreuten Tageslichtes erheischten.

Bei genügender Lichtmenge alle Mängel, welche die künstliche Beleuchtung mit sich bringt, einzuschränken, war zunächst Aufgabe der Studien. Vor allem liefs man es sich angelegen sein, für eine gleichmäfsige Belichtung aller Teile des Raumes zu sorgen und zwar in der Weise, dafs nicht blofs bei leerstehenden Plätzen, sondern auch bei Besetzung des Raumes durch eine Anzahl Personen, keine ins Gewicht fallende Differenzen an Platzhelligkeit entstünden.

Um diffuses Licht zu bekommen, mufste für eine zweckmäfsige Verteilung und Installierung der Lichtquellen gesorgt

werden; es mufsten sodann auch Seitenwände und Decke als sekundäre Lichtquellen in Verwendung gezogen werden, damit durch dieselben als Reflektoren Licht von allen Seiten an die Arbeitsstellen abgegeben würde.

Diese Rückstrahlung des Lichtes von der Decke machte sich besonders die indirekte und halbindirekte Beleuchtungsart zunutze; die Vorzüge derselben und ihren hygienischen Wert haben vor allem Erismann, Prausnitz, Renk, Hammerl, Bayr, Seggel, Eversbusch durch exakte Messungen dargetan.

Während nun noch viele für die direkte Beleuchtung eintreten, hat besonders Prausnitz nachgewiesen, dafs die halbindirekte Beleuchtung, bei welcher neben guter Verteilung und nicht störender Schattenbildung keine so grofsen Lichtverluste wie bei der indirekten Beleuchtung statthaben, den Vorzug verdient.

Ein Faktor, dessen grofse Bedeutung für die gleichmäfsige Verteilung des Lichtes im Raume schon längst erkannt wurde, ist die möglichst hohe Anbringung der Beleuchtungskörper; Prausnitz ([5]) sagt u. a.: »Nur wenn man die Flammen möglichst hoch anbringt und den Anstrich derart macht, dafs die Wände reflektieren, wird man die Nachteile der künstlichen Beleuchtung mildern und sich die Vorzüge einer diffusen Beleuchtung sichern.«

Wir werden nun im folgenden sehen, dafs eben hohe Installation der Beleuchtungskörper bei gleichmäfsiger Verteilung derselben über die ganze Decke und hellem Anstrich der Wände, auch ohne die Hilfsmittel indirekter und halbindirekter Beleuchtung, eine Belichtung der Räume zu erzielen ermöglicht, die, wie die angestellten Messungen lehren, allen Anforderungen vollkommen entspricht. Wir richteten bei unseren Messungen unsere Aufmerksamkeit besonders auf den Verteilungsgrad des Lichtes, dann auch auf den Grad von Lichtverlust durch Schattenbildung, ferner inwiefern die verwendete Lichtstärke der erreichten Beleuchtungsstärke entspricht. Die Untersuchungen wurden auch auf andersartig beleuchtete Räume ausgedehnt, um an der Hand

vergleichender Zahlen die Vor- und Nachteile unserer Beleuchtungsart zur Anschauung zu bringen.

Als Versuchsraum der genannten Beleuchtungsart diente uns in erster Linie der Hörsaal des neuen hygienischen Instituts der k. k. Universität Innsbruck, in welchem im vorigen Jahre über Anweisung des Vorstandes Herrn Prof. Lode die elektrische Glühlichtanlage installiert wurde. Das Auditorium hat einen Flächenraum von 84 qm bei einer Höhe von 4,7 m. Die Decke und ein ca. 70 cm breiter Streifen der oberen Seitenwände ist weifs; der übrige Teil der Innenfläche, soweit er nicht von dem aufsteigenden Podium oder von den Fenstern eingenommen wird, von hellgelber Tönung. Es sind nun unmittelbar an der Decke 34 Glühlichtfassungen angebracht, die es ermöglichen, Glühbirnen so einzuschalten, dafs der Mittelpunkt der glühenden Schlinge blofs 13 cm vom Plafond entfernt ist. Die Glühkörper sind mit eiförmigen Schirmen aus durchsichtigem geripptem Glase versehen, die in der Hauptsache den Glanz der Lichtquelle mildern sollen. Die Beleuchtungskörper sind in 6 Querreihen, welche 1,20 m voneinander entfernt sind, angeordnet und in 2 Gruppen zu je 3 Querreihen geschaltet; aufserdem besitzen die Ecken der Decke noch je eine Lichtquelle. Das Vortragspult ist überdies durch 2 Luster mit je 3 Glühkörpern, die Tafel durch eine Sofitte erhellt. Die Subsellien sind auf einem stufenförmigen Podium ansteigend angeordnet und zwar so, dafs die letzte von den 10 Sitzreihen sich 2,50 m über der ersten befindet. Sie bieten 84 Personen Platz und sind ebenfalls mit hellem Anstrich versehen. Selbst in der obersten Bankreihe sind die Lichtquellen immer noch 1,50 m vom Schreibpulte entfernt.

Es wurde nun zunächst untersucht, welche Lichtmengen sich bei Einschaltung von Glühkörpern verschiedener Kerzenstärke für die einzelnen Plätze ergeben und wie sich das gesamte Licht auf die einzelnen Plätze verteilt. Die Messungen wurden insgesamt mit dem Weberschen Photometer gemacht, die gefundenen Beleuchtungsstärken in Hefner-MK in der Skizze auf dem betreffenden Pultplatz eingetragen. Weitere Zahlenangaben betreffen den Verteilungsgrad (*g*), als dessen Mafsstab

nach dem Vorgang Hammerls (14) der Quotient aus der geringsten Helligkeit zur maximalen betrachtet wurde; die Zahlen wurden mit 100 multipliziert und so eingetragen.[1])

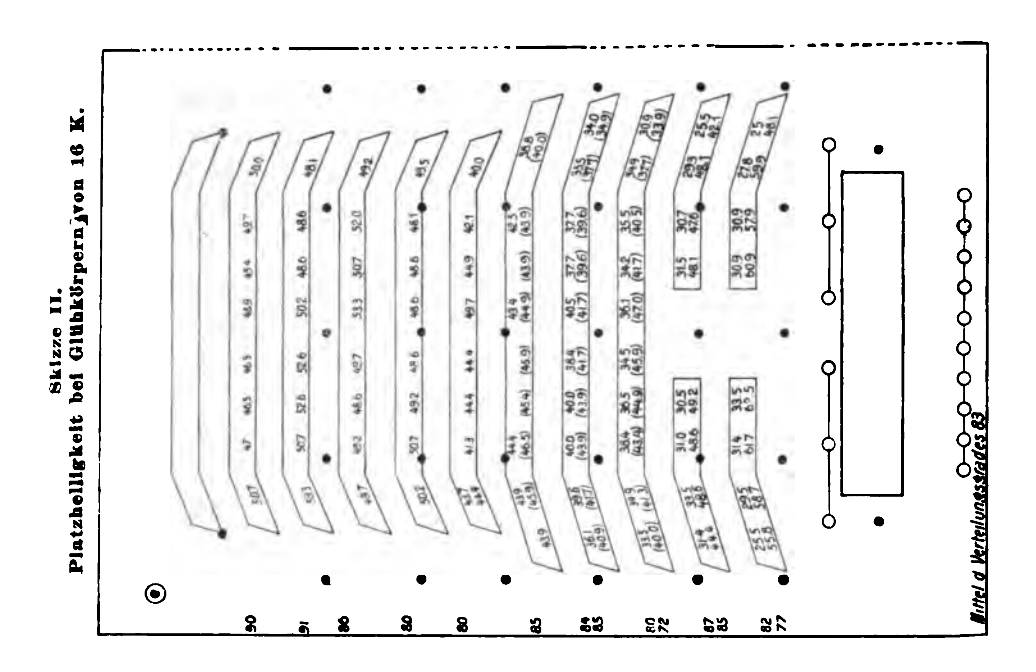
Besehen wir uns nun die Resultate der Messungen im hygienischen Hörsaal, zunächst Skizze I. Wir finden an den einzelnen Pulten die Beleuchtungsstärken in Hefner-MK, wie sie durch Einschaltung von Glühbirnen von je 32 K hervorgebracht

---

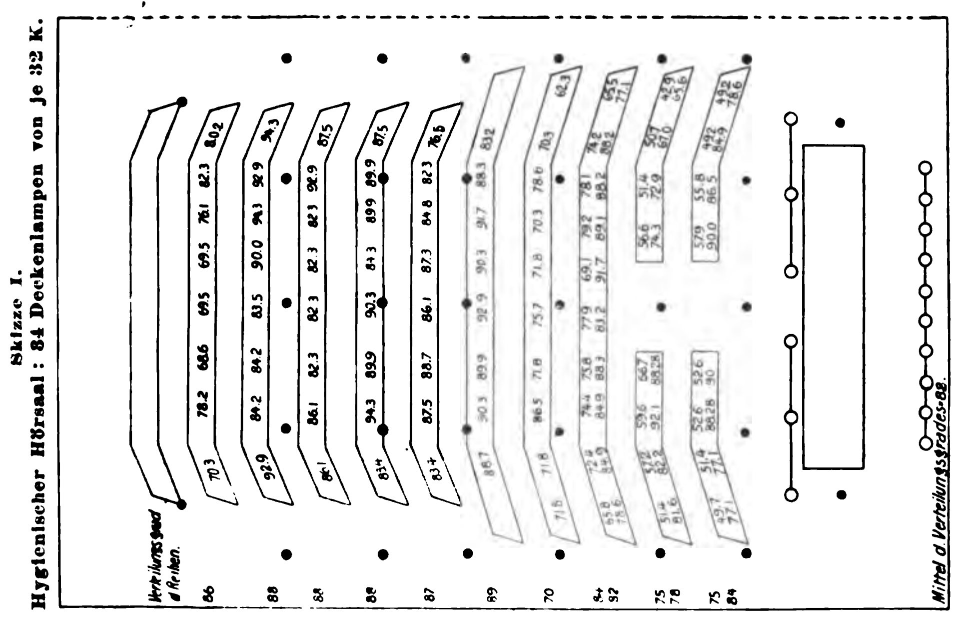
1) Es muſs hier über die von seiten der Hygiene gestellten Forderungen an Lichtmenge, besonders wie sich diese im Laufe der Zeit geändert, etwas gesagt werden.

Man sprach früher stets nach H. Cohn einfach von 10 MK als Minimum und hielt es als wichtigstes hygienisches Erfordernis, daſs die Beleuchtungsstärke des einzelnen Platzes diese Forderung nach unten nicht überschreite. Bloſs Kermauner und Prausnitz (6) halten in ihrer grundlegenden Arbeit über indirekte Beleuchtung eine Helligkeit von 10 MK für sehr gut, eine solche von 7 bis 8 MK als hinreichend für die meisten Arbeiten. Allerdings sollten diese Angaben nur für Auditorien und Schulräume Geltung haben. Renk (22) hält sich an die Cohn-Forderung von 10 MK als Minimum. Nach Bayer (10) ist jedoch diese Minimallichtstärke weder für das Lesen noch für das Schreiben, noch weniger aber für Zeichnen und weibliche Handarbeiten genügend; man müsse 20 MK als Minimum nehmen, 30 MK als wünschenswerte Normale verlangen. In den bekannten Gutachten von Seggel-Eversbusch (12) und Hoffmann-Richter (13) werden 10 MK als Minimum für gröbere, 15—25 MK für feinere Arbeiten als erforderlich bezeichnet. Erismann (11) erläutert in seinem Referate in der 24. Versammlung des deutschen Vereins für öffentliche Gesundheitspflege den Begriff der Cohnschen 10 MK als Minimumforderung in folgender Weise: Die Bestimmungen Cohns wurden in der roten Quote des Lichtes gemacht; es entsprechen nun 10 MK in der roten Quote 20—30 MK in Weiſs. Ebenso sagt Bayer (17) im Kongreſs für Schulhygiene zu Nürnberg 1904: als Minimum ist anzusehen 10 MK rote Quote, welche 24—25 MK in Weiſs gleichkommt. Zugleich erwähnt Bayer, daſs in Wien bei Beleuchtung von Lehrzimmern 20 MK als Minimum, von Zeichensälen 30 MK bereits längst festgesetzt wurden und dieser Forderung überall entsprochen wird. Bemerkenswert sind noch die jüngst aufgestellten Normen, die den Versuchen der vom deutschen Verein der Gas- und Wasserfachleute aufgestellten Kommission zugrunde gelegt wurden. Man ging hier überhaupt von der Annahme aus, für Zeichensäle sei eine Helligkeit an den Arbeitsstellen von 80 MK für Schul- und Hörsäle, eine solche von 25 MK (in Weiſs) erforderlich. Daſs die heutige Beleuchtungstechnik diesen Ansprüchen ganz gut gerecht werden kann, ist bei den Fortschritten der letzten Jahre wohl klar. Wir müssen nun nach allem dem als Minimum 25 MK in Weiſs als feststehend bezeichnen und diese Forderung der Beurteilung einer Beleuchtung zugrunde legen.

Skizze II.
Platzhelligkeit bei Glühkörpern von 16 K.



Skizze I.
Hygienischer Hörsaal: 84 Deckenlampen von je 32 K.



wurden, verzeichnet. Für die ersten 3—4 Bankreihen finden sich zwei Angaben für jeden Platz, wovon die höhere Kerzenzahl bei Miteinschaltung von Sofitte und Lüster erhoben worden ist. Es wird durch diese Installation eine sehr hohe mittlere Helligkeit erzielt (mittlere Beleuchtungsstärke: erste Reihe 52, mittlere Reihe 91, letzte Reihe 74 MK). Sehen wir auf die gleichmäfsige Verteilung im ganzen Saale, so ergibt sich für die ersten 3—4 Subsellienreihen die Notwendigkeit, die vordersten Glühkörperreihen mit Birnen von höherer Kerzenzahl zu besetzen, da hier die Entfernung von den Lichtquellen am gröfsten ist und infolgedessen ein Defizit gegen die mittleren und hinteren Reihen besteht. Nicht aufsteigend angeordnete Bänke würden diese Differenz natürlich nicht ergeben. In dem speziellen Falle tritt Luster und Sofitte vikariierend ein. Der Verteilungsgrad (für die einzelnen Reihen bestimmt und davon das Mittel genommen) beträgt 82.

Skizze II gibt uns in ganz derselben Weise den Beleuchtungseffekt bei Installation mit Glühbirnen von je 16 K Lichtstärke. Die einzelnen Beleuchtungsstärken sind deshalb etwas höher als die Hälfte der vorigen, da die verwendeten Glühbirnen mit einer indizierten Helligkeit von 16 K eine horizontale Lichtintensität von durchschnittlich 17,5 HK ergeben, während die 32 K-Glühbirnen blofs eine solche von 30—30,5 HK aufwiesen. Alle Glühbirnen wurden vor ihrer Verwendung auf ihre Lichtstärke geprüft, und solche, die in erheblicher Weise vom Durchschnittswerte abwichen, von vornherein aufser Verwendung gesetzt. Bei der Einschaltung von 16 K-Glühbirnen ergibt sich eine mittlere Beleuchtungsstärke (erste Reihe 29, mittlere Reihe 45, letzte Reihe 42,7 MK), mittlerer Verteilungsgrad 83. In beiden Skizzen tritt die Erscheinung zutage, dafs die nach rechts gegen die Fensterwand gelegenen Plätze durchschnittlich niedrigere MK-Zahlen aufweisen. Die Erklärung ist offenbar darin gegeben, dafs die Verfinsterungsvorrichtung der Fenster aus mattschwarzen, daher wenig reflektierenden Stoffen besteht. Um die Verteilung des Lichtes zu verbessern, wäre es zweckmäfsiger, die Verfinsterungsvorrichtung mit einem Stoffe zu versehen, der, bei vollständiger Undurchlässigkeit gegen Licht, der Farbe des Wandanstriches sich besser anpafst.

Wieviel indirektes, d. h. von der Decke, von den Wänden usw. reflektiertes Licht auch bei dieser Beleuchtungsart zur Geltung kommt, wird eine spätere Skizze zahlenmäfsig beweisen.

In einer weiteren Anordnung wurden die vorderen drei Glühkörperreihen mit 32 K-Glühkörpern versehen. Der Versuch fiel befriedigend aus, indem wir daraus ersahen, dafs sich mit Hochlicht bei passender Einschaltung von Beleuchtungskörpern verschiedener Kerzenstärke auch bei aufsteigenden Sitzen eine leidlich gleichmäfsige Verteilung des Lichtes erzielen läfst. Wie wir später sehen werden, ist die Lichtverteilung für Pulte bzl. Tische, die sich in gleicher Höhe befinden, bedeutend günstiger. Die günstige Verteilung wird bei der hohen Anbringung der Beleuchtungskörper im Verein mit ihrer gleichmäfsigen Verteilung dadurch erreicht, dafs jeder Glühkörper sein Licht einer ganzen Anzahl, ja allen Plätzen, zukommen lassen kann. Denn bevor noch das Licht der einzelnen Glühbirnen an seinen Bestimmungsort gelangt, hat es sich, wenn auch von abnehmender Intensität, über den ganzen Raum verbreitet. Die Strahlen der Lichtquellen treffen die Pulte in nicht zu sehr von der senkrechten abweichenden Richtung und sind deshalb viel wirksamer als die für weiter entfernte Pulte beinahe tangential auffallenden Lichtstrahlen eines niedrig hängenden Lusters.[1]) Jeder einzelne Platz

1) Sehr lehrreich und den Vorzug einer hoch angebrachten Lichtquelle direkt beweisend ist eine von L. Weber(9) aufgestellte Tabelle. Sie zeigt uns, wie schnell für ein horizontal liegendes Papier die Beleuchtungskraft in horizontaler Richtung abnimmt, wenn der Vertikalabstand ein geringer ist. Je gröfser dieser, desto regelmäfsiger verteilt sich die allerdings absolut geringere Lichtmenge auf der in dem betreffenden Vertikalabstand liegenden Horizontalebene.

Weber nimmt als Ausgangspunkt eine beliebige Lichtquelle von 100 HK Lichtstärke.

Horizontalabstand	0 m	0,5 m	1 m	1,5 m	2 m	2,5 m
Vertikalabstand 0,25 m	1600	143	23	8	—	—
» 0,50 m	400	141	36	13	6	—
» 0,75 m	178	102	38	17	8	4
» 1,00 m	100	72	35	18	9	5
» 1,50 m	44	38	26	16	10	6

bekommt von allen Lichtquellen direktes Licht, jeder Glühkörper versorgt alle Plätze. Aber nicht allein direktes Licht beteiligt sich an der Beleuchtung des Platzes; Wände und Decke erhalten bei dieser freien Entfaltung der Strahlenbündel viel Licht, das sie wieder, weil von heller Tünchung, zum gröſsten Teile in den Raum rückstrahlen. Dieses Licht trifft ebenso wie das direkte auf den Platz von den verschiedensten Seiten ein, und so ist auch diese Beleuchtungsart im wahren Sinne eine diffuse.

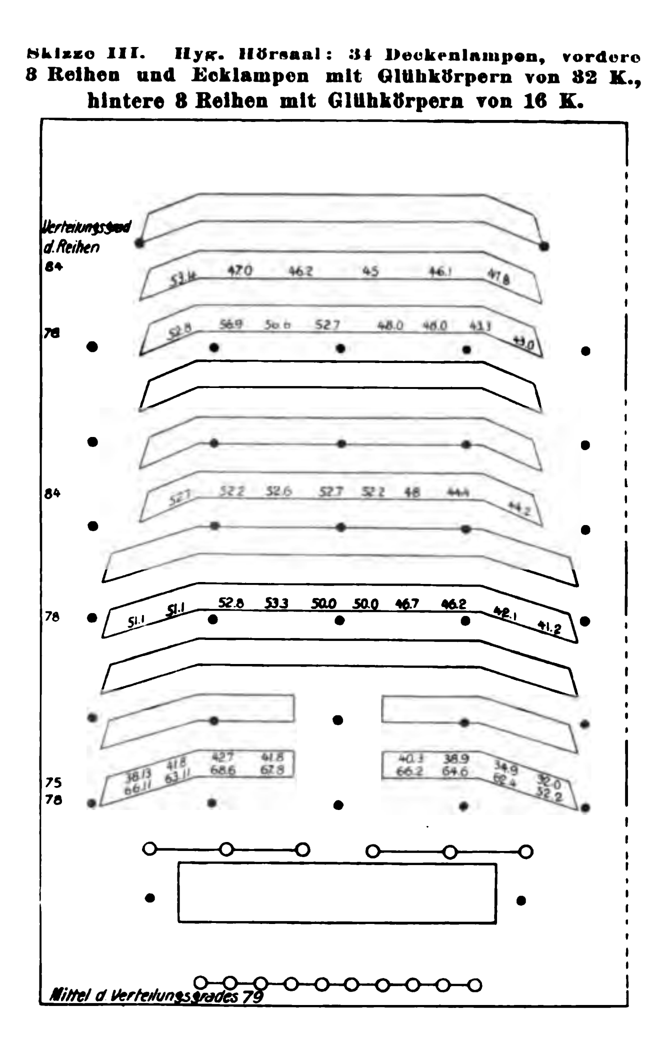
Um die Wirkung der Verteilung der Lichtquellen in Hinsicht auf die gleichmäſsige Beleuchtung des Raumes zu studieren, wurde in einer Versuchsreihe jedes zweite Glühlicht ausgeschaltet, so daſs, wie Skizze IV zeigt, bloſs von den 30 reihenweise angeordneten Glühkörpern 15, nebst den 4 Ecklampen — zusammen 19 — der Beleuchtung dienten. Die mittleren Beleuchtungsstärken waren nun der Abnahme der Gesamtlichtstärke entsprechend gesunken, der mittlere Verteilungsgrad in den einzelnen Reihen betrug 77,4.

Skizze V zeigt Platzhelligkeitsmessungen, wie sie in demselben Saale gemacht wurden, als bloſs die 2. und 4. Längsreihe der Glühlichter der Beleuchtung dienten. Die Lichtmenge war ebenso entsprechend der geringen Kerzenzahl vermindert (1. Reihe 14,2, mittlere Reihe 20,4, letzte Reihe 25 MK), der Verteilungsgrad 78. Wie wir später bei Besprechung der Schattenbildung sehen werden, war jedoch der Prozentsatz an Lichtverlust im Schatten, besonders an gewissen Plätzen, gröſser als bei Beleuchtung durch sämtliche 34 Glühkörper.

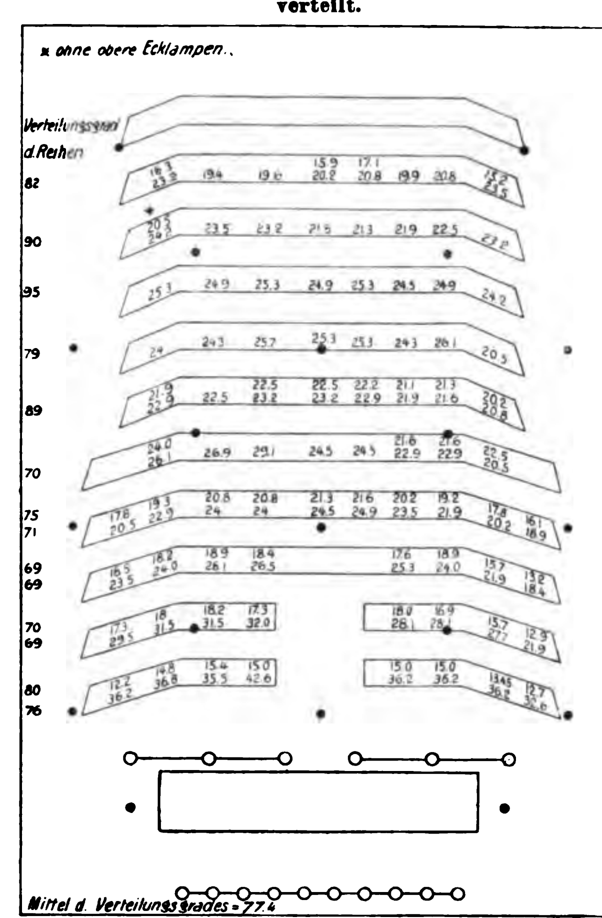
Interessante Resultate, die Bedeutung einer zweckmäſsigen Anordnung der Lichtquellen für die Verteilung der gesamten Lichtmenge dokumentierend, bietet der physiologische Hörsaal und ein Zimmer des Magistratsgebäudes.

Der Hörsaal der Physiologie hat eine Grundfläche von 88 qm, ein Höhe von 4,7 m; die Subsellien sind ähnlich wie im hygienischen Hörsaale angeordnet; ebenso ist die Tünchung der Wände und der Decke. Die Beleuchtung der Bankreihen wird durch 6 Glühbirnen versorgt — sie sind mit breiten, nach unten offenen Milchglasschirmen versehen —; von diesen haben die ersten

Skizze III. Hyg. Hörsaal: 34 Deckenlampen, vordere 8 Reihen und Ecklampen mit Glühkörpern von 32 K., hintere 8 Reihen mit Glühkörpern von 16 K.



Skizze IV. Hyg. Hörsaal: 19 Deckenlampen von 16 K. gleichmäßig verteilt.



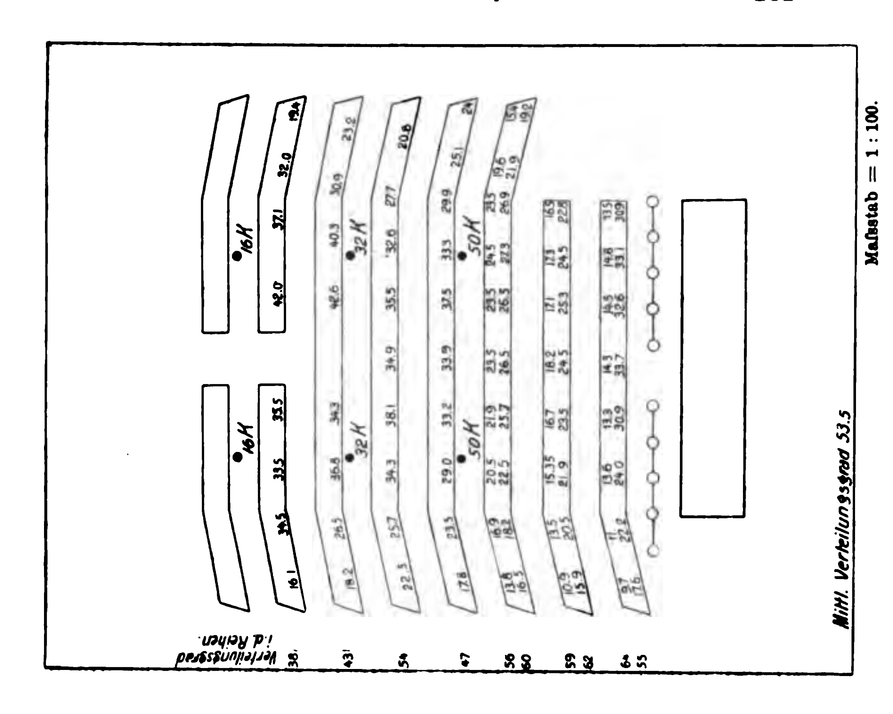
Maßstab = 1 : 100.

zwei eine Lichtstärke von 50 MK, die zweiten von 32 K, die letzten von 16 K. Die Anordnung zeigt Skizze VI. Ein Lüster von zehn 16 K-Glühbirnen versorgt Vortragspult und Tafel. Erzielt wird dies, indem jede Glühbirne einen Metallschirm besitzt, der das Licht gegen die vordere Wand des Hörsaales wirft. Hierdurch erhalten die Bankreihen von seiten des Lüsters nur indirektes, von der hellen Vorderwand reflektiertes Licht. Es mufs noch erwähnt werden, dafs dieser Saal von den zwei Längsseiten von Tageslicht versorgt wird; es befinden sich zu beiden Seiten grofse Fenster, deren Rouleaux ebenfalls schwarz sind. Ein Blick auf Skizze VI bestätigt auch die ungenügende Beleuchtung[1]) an einer Anzahl von Pulten. Die ersten Plätze würden, wenn nicht das vom Lüster gelieferte indirekte Licht zu Hilfe käme, ganz ungenügend beleuchtet sein. Die Sofitte besorgt hier nicht wie im Hörsaal der Hygiene $^1/_3$ bis $^1/_4$, sondern $^1/_2$ bis $^1/_3$ der Beleuchtungsstärken. In die Augen springend ist auch die ungleichmäfsige Verteilung des gespendeten Lichtes. Wir sehen, dafs die Werte zu beiden Seiten stark absinken. An manchen Stellen machen sie blofs $^2/_3$ bis $^1/_2$ der Beleuchtungswerte in der Mitte der Subsellien aus. Der Grund davon liegt in der zweireihigen, gegen die Mitte zu geschobenen Anordnung verhältnismäfsig weniger Lichtquellen, nicht weniger aber auch in der beinahe gänzlich fehlenden Reflexion des Lichtes von den Seitenwänden. Demnach ist der mittlere Verteilungsgrad blofs 53, bedeutend niedriger als im hygienischen Hörsaal.

Noch auffallender ist der Einflufs der Lichtquellenverteilung in einem grofsen Zimmer des Magistratsgebäudes (Skizze VII). Dieses Zimmer hat bei einer Grundfläche von 35,8 qm eine Höhe

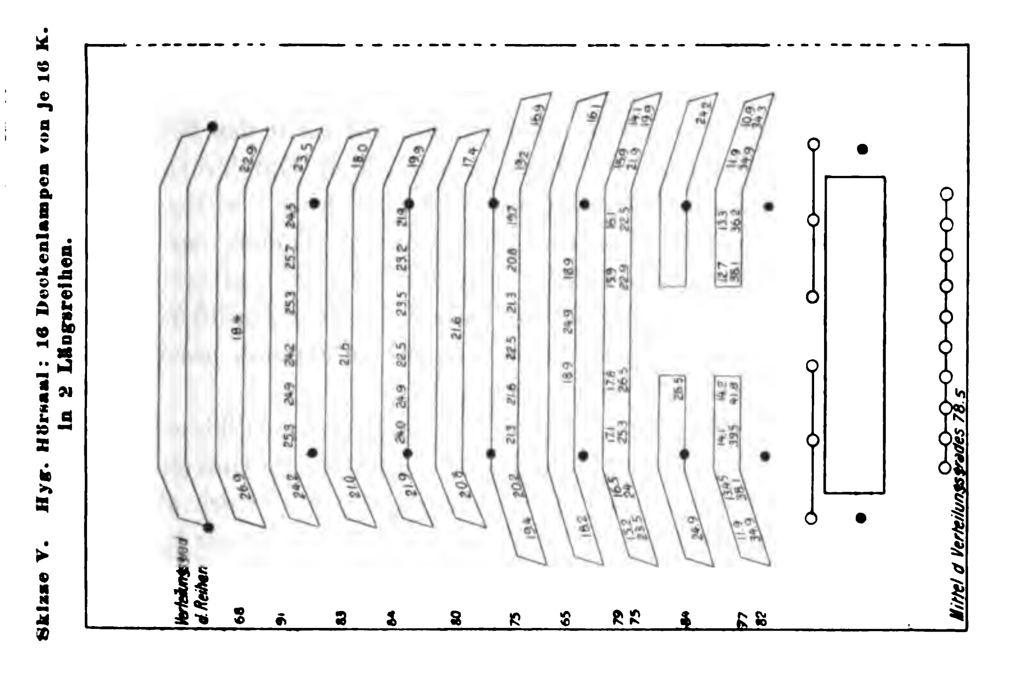
---

1) Wenn wir hier über die ungünstige und vom hygienischen Standpunkt ungenügende Beleuchtung sprechen, so soll damit kein Tadel gegen die Installation erhoben werden. Für den physiologischen Hörsaal wurde programmmäfsig gar keine Beleuchtung angestrebt, wie sie die Schulzimmer aufweisen sollten. Es sollte eine »Theaterbeleuchtung« erzielt werden, bei welcher der Zuhörerraum, um die Effekte auf der »Bühne« zu erhöhen, nur dürftig erhellt zu sein braucht. Alles Licht soll zum Vortragstische streben und diesen in Licht einhüllen. Was von dort zurückgestrahlt wird, erhellt notdürftig das Auditorium.



Skizze VI.
Physiologischer Hörsaal: Deckenbeleuchtung; 6 Glühlampen mit nach unten offenen Schirmen.

Maßstab = 1 : 100.



Skizze V. Hyg. Hörsaal: 16 Deckenlampen von je 16 K. in 2 Längsreihen.

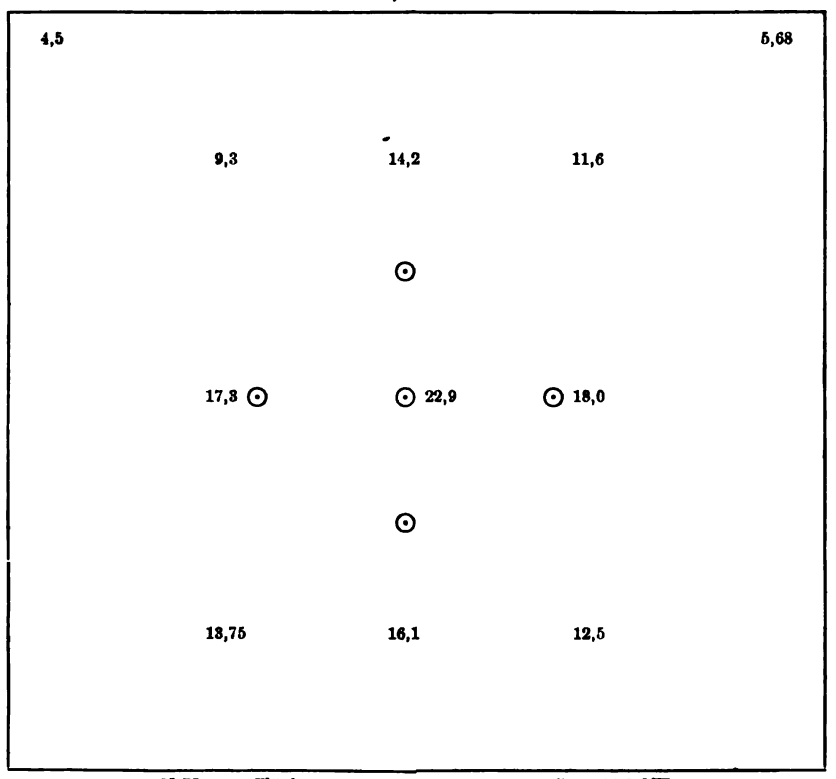
von 3,5 m. Erleuchtet ist der Raum durch 5 in geringer Entfernung von der Decke angebrachte elektrische Glühlichter in der Anordnung wie sie Skizze VII zeigt. Die Wände sind hier wie die Decke mit dunkelbraunem Holze getäfelt. Die Beleuchtungskraft ist hier absolut ungenügend und steht in keinem Verhältnis zu der Summe der Lichtstärke, die von den Lichtquellen ausgeht (ca. 170 HK). Lehrreich ist ein Vergleich mit dem chemischen Laboratorium für Anfänger des hygien. Institutes. 4,1 m hoch und eine Fläche von 68 qm umfassend, besitzt es eine Hochbeleuchtung durch vier symmetrisch angebrachte Glühlichtanlagen, in welchen je drei Fassungen für Glühbirnen sich befinden. Sind nun alle zwölf Fassungen mit 10 K.-Glühbirnen versehen, so ist die Lichtwirkung im Durchschnitt eine ebenso gute, obwohl das Lokal bedeutend gröfser und die Lichtstärke der Lichtquellen um $^1/_3$ geringer ist. Auch die Verteilung des Lichtes ist im Magistratszimmer eine ungemein schlechte. Ein Eckplatz des Zimmers hat blofs $^1/_4$ cm Lichtmenge wie am Platz in der Mitte. Der Verteilungsgrad ist nur 19,8. Es dürften in diesem Raume an den grofsen Differenzen wohl der Hauptsache nach die dunklen Wandungen Schuld tragen. Auf den Einflufs letzterer auf den Beleuchtungseffekt kommen wir nun näher zu sprechen.

Es war zunächst zu untersuchen, wie viel Licht den Wänden und der Decke von den hoch angebrachten Glühbirnen (im hygien. Hörsaal) zukommt, dann auch wie grofs die Beleuchtungsstärken an den einzelnen Plätzen mit Ausschlufs der Wirkung reflektierten Lichtes sind. Um ersteren Punkt zu eruieren, wurde der Grad der Beleuchtung sowohl an einer Anzahl Wandstellen als auch an verschiedenen Stellen am Plafond, besonders im Umkreis der Lichtquelle, gemessen.

Für die Decke haben sich nun folgende Resultate (Skizze VIII) ergeben: Der Beleuchtungsgrad des Deckenstückes im Umkreis der Glühlampen nimmt gegen die Peripherie ungemein rasch ab; er beträgt in einer Entfernung von 40 cm schon weniger als $^1/_4$, wie in der von 20 cm in der Entfernung von 1 m von der Lichtquelle nur $^1/_{20}$—$^1/_{40}$. Es ist das ganz entsprechend der schon

Skizze VII.

Zimmer des Magistratsgebäudes: 5 Glühlampen, und zwar in der Mitte 1 Glühlicht 50 K, 4 Glühlichter 32 K.

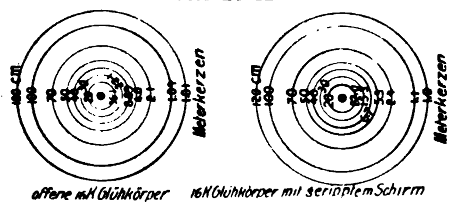


35,75 qcm Flächenraum,
Glühkerzen 20 cm vom Plafond

m[1]) = 13,2 MK,
g = 20,0,
s = 43,5 %.

Skizze VIII.

Beleuchtungsstärken am Plafond in der Umgebung einer Deckenlampe von 16 K.



offene 16 K Glühkörper — 16 K Glühkörper mit serinplem Schirm

---

1) In den folgenden Skizzen bedeuten die den Skizzen beigegebene Zahlen: m = Mittel der Beleuchtungsstärke, g = Verteilungsgrad, s = Mittel des Lichtverlustes durch Schattenbildung.

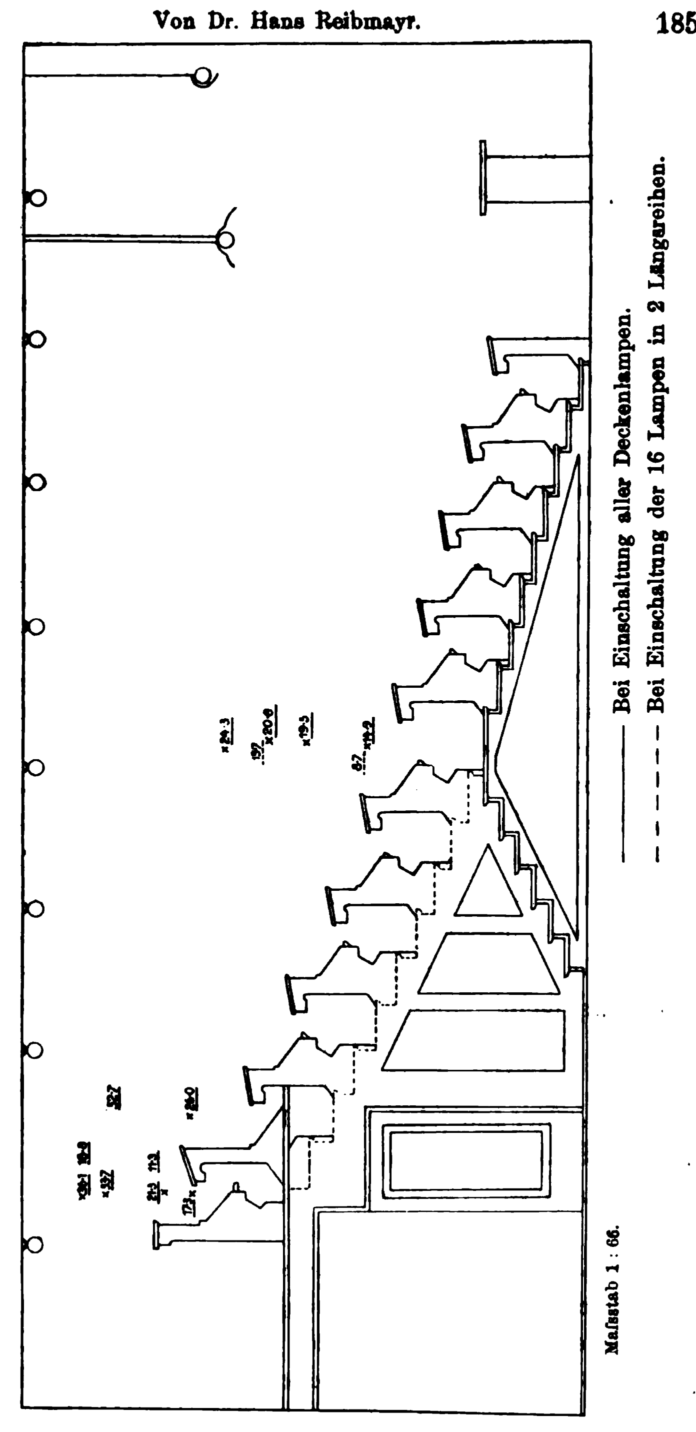
angeführten Weberschen Tabelle, nach welcher eben die Wirkung der Lichtquellen bei geringem Vertikalabstand, — dieser ist hier ja bloſs 13 cm — in der Horizontalebene rapid abnimmt. Will man daher hauptsächlich die Decke als Reflektor benutzen, ohne Anwendung nach oben offener Schirme, so darf man die Lichtquellen nicht zu nahe der Decke anbringen. Beim direkten Hochlicht spielt also die Decke eine mehr untergeordnete Rolle, ganz im Gegensatz zur indirekten Beleuchtung, bei der sie die Hauptrolle innehat.

Bei unserer Beleuchtung kommt eben der Wandreflexion eine gröſsere Bedeutung zu. Skizze IX zeigt uns die Beleuchtungsstärken, die einer Reihe von Wandstellen zuteil werden. Es wurden diese berechnet bei Einschaltung sämtlicher 16 K-Glühbirnen, und bei Einschaltung der II. und IV. Reihe. Die Untersuchungen ergaben, daſs die Wandflächen bereits in geringer Höhe (1,80 m) dieselbe Beleuchtungsintensität aufweisen, wie sie der Plafond in bloſs 20—30 cm Entfernung von der Lichtquelle gibt. Die Helligkeit der Wand wächst noch in den oberen Teilen. Wir finden ca. $^1/_2$ m unter dem Plafond 36,6—52,7 MK. Die Beleuchtung bei Einschaltung der II. und IV. Reihe gab entsprechend niedrigere Werte für die Wand. Wenn nun auch diese Zahlen infolge des unbekannten Reflexions- und Absorptionskoeffizienten keinen absoluten Wert beanspruchen können, so geben sie doch Aufschluſs über das Verhältnis der Wirkung von Plafond und Wänden.

Eine weitere Aufgabe war, die Menge des direkten Lichtes zu ermitteln, welche von der Gesamtheit der Lichtquellen einem bestimmten Platze zukommt. Zu diesem Zweck wurde für zwei Plätze, den Platz I und Platz XLIII mittels der Lambertschen Formel diejenige Lichtmenge berechnet, welche jede einzelne der Deckenlampen dem Platze zuführt. Die Summe aller dieser Zahlen muſste die indizierte Helligkeit eines Pultes in bezug auf alle Glühkörper geben; also das gesamte direkte Licht. Skizze X zeigt uns die einzelnen Lichtmengen für Platz I. Die Summe ist ca. 22 MK. Es handelt sich um 32 K-Glühbirnen, deren sphärische Lichtstärke im Durchschnitt als 29 HK be-

Skizze IX.

Hygienischer Hörsaal; Längsschnitt; Beleuchtungsstärken der rechten Seitenwand.



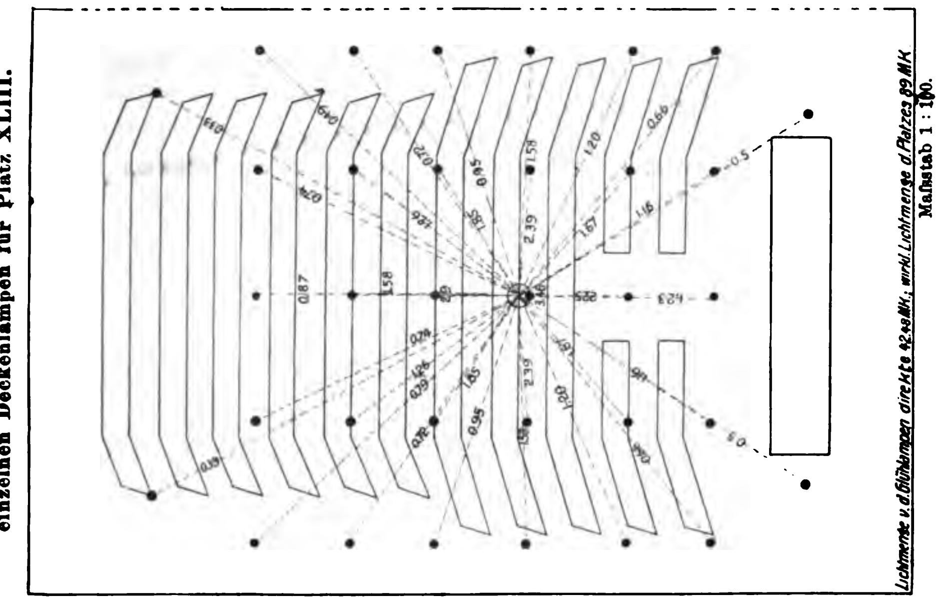
——— Bei Einschaltung aller Deckenlampen.

- - - - - Bei Einschaltung der 16 Lampen in 2 Längsreihen.

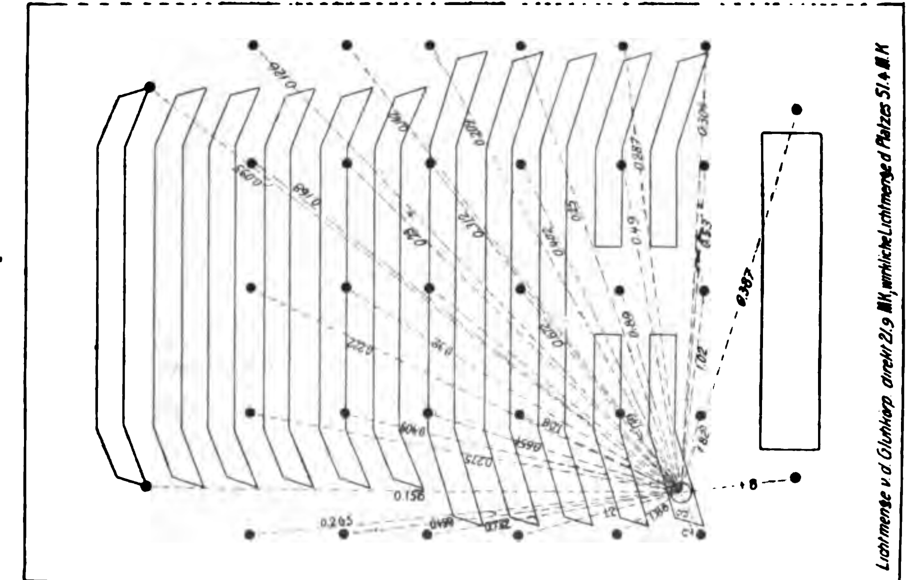
Maſsstab 1 : 66.

tragend angenommen, und welche Zahl der Berechnung zugrunde gelegt wurde. Vergleicht man nun diese Zahl mit der in Skizze XI eingezeichneten Zahl bei Platz I — diese entspricht dem wirklichen Beleuchtungsgrade — so findet man dort 51,4 MK verzeichnet, d. i. das 2,3fache der obigen Zahl. Das ist ein Beweis, dafs bei dieser Beleuchtungsart auch viel indirektes Licht mitwirkt. Etwas weniger indirektes Licht bekommt ein Mittelplatz (XLIII). Der gewählte Platz zeigt an direktem berechneten Licht 42,5 MK, gegen 90 MK, welche die Messung mit dem Photometer ergab. Es ist also immer noch die Hälfte an indirekten Licht bei der Beleuchtungsstärke beteiligt.

Noch müssen wir der Lampenglocken aus gerippten Glase Erwähnung tun. Ihr Einflufs auf die Verteilung des Lichtes ist gering. Sie vermindern etwas die Gesamtlichtmenge und variieren auch den Gang der Strahlen. Die Beleuchtungsstärken an den Plätzen bei eingeschalteten 32 K-Glühkörpern ohne Schirme zeigt Skizze XI. Der Verlust an Lichtintensität beträgt durchschnittlich 12 %. Prüfen wir die einzelne mit dem Schirm versehene Lichtquelle für sich, indem wir deren Lichtstärke unter verschiedenen Winkeln messen und zugleich mit der nicht umhüllten Lichtquelle Vergleiche anstellen, so kommen wir zum Resultate, dafs diese gerippten Lampenglocken besonders in der senkrechten Richtung — in der die Intensität bei den elektrischen Glühbirnen ohnehin vermindert ist, — eine ziemlich bedeutende Herabsetzung der Lichtstärke bewirken, so dafs diese $^1/_4$ der wagrecht gemessenen Lichtstärke ausmacht, während ohne Schirme höchstens die Hälfte der wagrechten Lichtintensität mangelt. Im Gegensatz dazu bewirken die Lampenglocken eine Steigerung der Intensität in der Richtung von ca. 20° abweichend von der Senkrechten. Tab. VIII zeigt diese Verhältnisse in einer Emissionskurve. Es wurden auch Messungen an mit Milchglasschirmen versehenen Lampen vorgenommen, so dafs die drei Kurven die Verhältnisse bei der unverhüllten Glühlampe und den Einflufs dieser zwei verschiedenen Lampenglockenarten klarlegen. Die Milchglasglocke absorbiert blofs einen gewissen Teil des Lichtes, sonst geht ihre Kurve parallel mit der Kurve des unverhüllten Lichtes.



Skizze XI. Indizierte Beleuchtungsstärken von den einzelnen Deckenlampen für Platz XLIII.

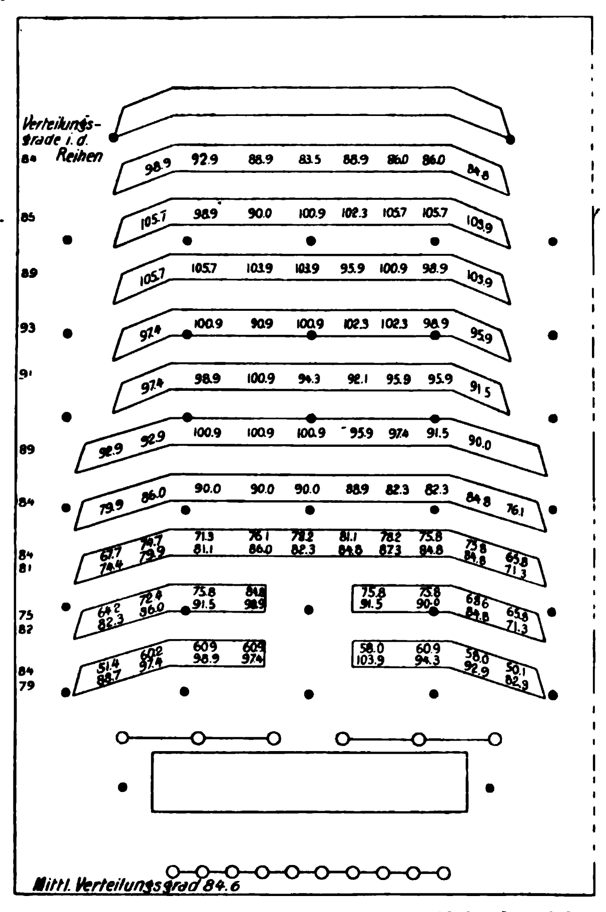


Skizze X. Indizierte Beleuchtungsstärken von den einzelnen Deckenlampen für Platz I.

Es ist nun noch ein wichtiger Punkt in Erwägung zu ziehen, nämlich: wie verhält sich bei direktem Hochlicht der Lichtverlust durch Schattenbildung? Zeigt das Webersche Photometer

Skizze XII.

Hyg. Hörsaal: 34 Glühlampen von je 32 K. ohne Schirme.

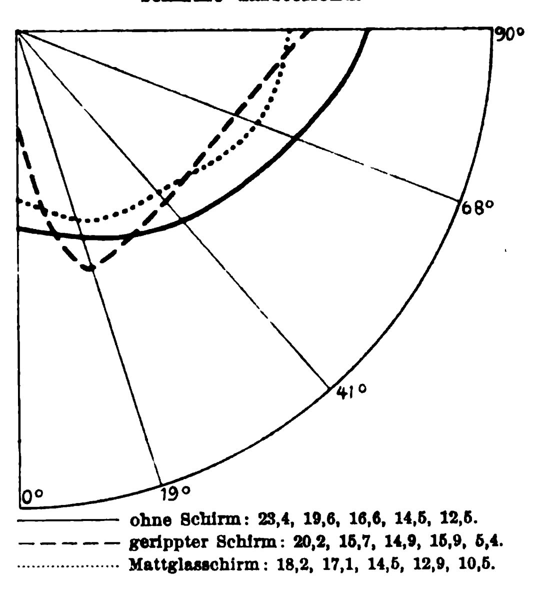


Mafsstab 1 : 100.

grofse Differenzen an und sind die Schatten scharf umrissen und störend? Geringe nicht störende Schattenbildung war neben gleichmäfsiger Verteilung der Lichtmenge stets ein Hauptererfordernis einer guten Beleuchtung. Die indirekte und die halbindirekte Beleuchtung wurden eben deshalb als zweck-

mäfsig gerühmt und allseits in Schulen und Arbeiteräumen eingeführt, weil bei diesen die Schattenbildung sehr herabgesetzt ist. Erismann,(2) der seine Untersuchungen über Intensität der Schattenbildung zuerst in den Schulen von Moskau bei einfacher Petroleumbeleuchtung angestellt hat, fand einen mittleren Helligkeitsverlust von 55 %, bei zusammengesetzten Schatten aller Schreibenden 75 %. Bei elektrischer Glühlichtbeleuchtung — die Glühkörper waren im Mittel 1,25 m über den Schulbänken angebracht, schwankte die Platzhelligkeit bei unbesetzten Plätzen zwischen 9 bis 30 MK. Die Untersuchung der besetzten Plätze ergab einen durchschnittlichen Verlust von 15%; doch waren grofse Differenzen vorhanden. Während die einen entsprechend ihrer Lage keinen Lichtverlust zeigten, war der maximale Lichtverlust an anderen Plätzen 28 bis 30%. Die Schattenbildung wurde von Erismann bei diesen Untersuchungen in der Weise gemessen, dafs sich die Versuchsperson an den zu untersuchenden Platz hinsetzte und die gewöhnliche Schreibstellung einnahm. Hierbei bemerkt Erismann noch besonders, dafs blofs der Kopfschatten bzw. Körperschatten der einzeln sitzenden Person gemessen, von dem Handschatten oder dem 2—3 fachen komplizierten Schatten, der sich bei Anwesenheit einer Reihe von Schülern ergeben würde, abgesehen ist. Eine andere elektrische Glühlichtbeleuchtung, bei welcher die Lichtquellen blofs 1,05 m über den Schulpulten angebracht waren, ergab bei noch schlechterer Verteilung des

Skizze XIII. Kurven, die Wirkung der Glasschirme darstellend.



Lichtes (14 : 57) einen mittleren Helligkeitsverlust durch Schatten von 32 %, ein Platz hatte sogar 71,5 % eingebüfst. Es hat sich nun nach den Untersuchungen von Erismann sogar ergeben, dafs — gleiche Lichtstärke der Lichtquellen vorausgesetzt — die Platzhelligkeit im Schatten Schreibender bei rein indirekter Beleuchtung bedeutend geringer ist als bei direkter Beleuchtung, obwohl im letzteren Falle die Lichtintensität des nicht beschatteten Platzes wesentlich höher ist.

Schon Pelzer([16]) bemerkt in seinen Untersuchungen über die Intensität der Schattenbildung, die bei indirekter, halbindirekter und direkter Beleuchtung gemacht wurden, dafs bei Hochstand der Lampen die Lichtverluste im Schatten bei direkter und halbindirekter Beleuchtung deutlich herabgemindert waren, in gleicher Weise wie bei Hochstand der Lampen auch die Verteilung des Lichtes bei diesen zwei Beleuchtungsarten gewann. Die Untersuchungen über Schattenintensität, die wir bei verschiedenen Autoren finden, leiden für Vergleichszwecke an dem Mifsstand, dafs die Messungen jedesmal bei verschiedener Versuchsanordnung gemacht wurden; während nämlich der eine Autor eine normal sitzende schreibende Person zum Ausgangspunkte nimmt, nimmt der andere eine schlecht sitzende kurzsichtige, eine Pappscheibe, oder er mifst den komplizierten Schatten mehrerer Personen. Unsere Messungen über Lichtverlust im Schatten wurden in der Weise vorgenommen, dafs sich die Versuchsperson an den betreffenden Platz in Schreib- bzw. Lesestellung setzte; die Augen waren 33 cm von der Milchglasscheibe entfernt, die horizontale Entfernung betrug 15 cm; die Messungen wurden gleich nacheinander vorgenommen und 2—3 mal wiederholt. Die schattenbildende Person blieb immer dieselbe. Im ersten Versuch wurde nun auf einer Anzahl Pulte der Lichtverlust, der durch die Versuchsperson verursacht wird, bestimmt. Die Messungen geschahen bei Hochlicht im hygienischen Hörsaale. Die Pulte sind aus Skizze XIV ersichtlich. Die Schattenbildung war am höchsten mit 13,8 %, am niedersten mit 3,2 %, das Mittel betrug 9,3 %. Dieser Lichtverlust mufs als ein recht geringer bezeichnet werden, und demgemäfs zeigt er sich auch unserem Auge an der betreffenden Stelle recht

Skizze XIV. Hyg. Hörsaal: Lichtverlust durch Schattenbildung in % bei 34 Deckenlampen v. 16 K. Glühkörpern.

Skizze XV. Hyg. Hörsaal: Lichtverlust durch Schattenbildung in % bei Einschaltung von 16 Deckenlampen von 16 K. in 2 Längsreihen.

Maßstab 1 : 100.

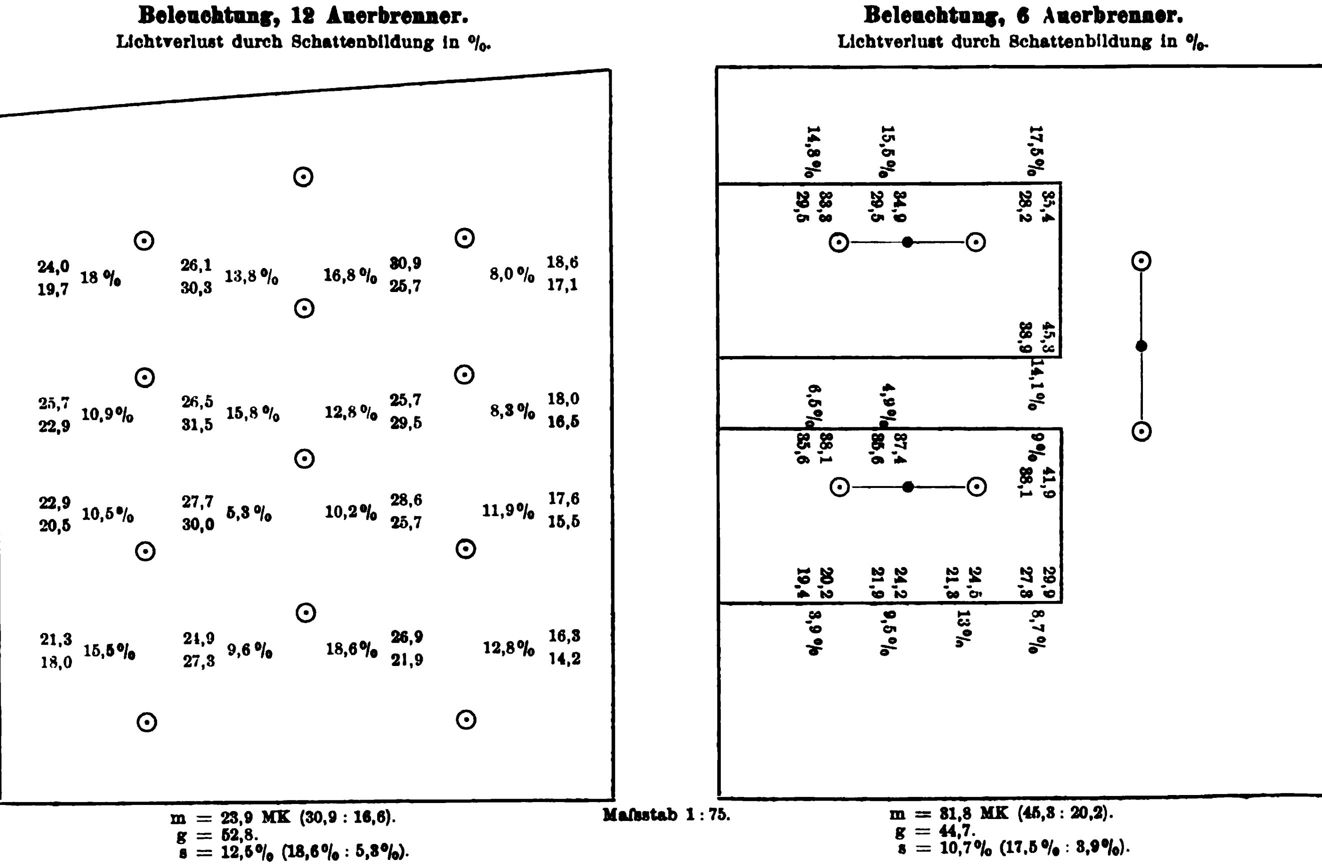
schwach und verschwommen. Störende Schatten sind die mit scharfen Konturen. Doch hat Pelzer gefunden, daſs bei direkter wie bei halbindirekter Beleuchtung das Photometer oft ganz dasselbe Lichtdefizit im Schatten angibt, in dem ersten Falle die Schatten scharf und störend, im letzteren bei eben gleicher Intensität verschwommen waren und dem Arbeitenden nicht unangenehm fielen. Es hat demnach die Photometermessung nicht als ausschlaggebend zu gelten.

Ganz in derselben Weise und an denselben Stellen wurden wieder die Schattenmessungen im hygienischen Hörsaale bei Einschaltung bloſs der 2. und 4. Reihe gemacht. Die Schattenbildung war hier an manchen Stellen gröſser als bei vollständiger Beleuchtung (Min. 3, Max. 24 %). Es war uns von Interesse, diese Schattenmessungen auch auf andere Beleuchtungsarten auszudehnen, um bei derselben Art und Weise der Messungen brauchbare Zahlen für den Vergleich zu bekommen. Durch das gütige Entgegenkommen des Herrn Prof. Hammerl wurde es uns ermöglicht, in einer Anzahl Räume der k. k. Realschule Untersuchungen über die Schattenbildung anzustellen. Diese Räume sind durch Auerlicht erleuchtet, und das Licht ist durch Schirme von lackiertem Blech zu einem vollkommen indirekten gemacht. Die Messungen wurden in einer kleineren, einer gröſseren Klasse und einem Zeichensaale durchgeführt. Die Tabellen XVI, XVII, XVIII zeigen die Skizzen dieser Räume. Auf diesen ist auch der Rauminhalt ersichtlich. Es sind auf den einzelnen Pulten die Befunde in MK bei leerstehendem Platz und bei besetztem Platz eingetragen, daneben der Lichtverlust in Prozent ausgedrükt.[1]) Es beträgt die Abnahme an Beleuchtungsstärke für die drei Räume im Mittel: Kleine Klasse 10,7 %, groſse Klasse 12,7 %, Zeichensaal 17,3 %, doch ergeben sich nirgends diese Mittelmaſse besonders überschreitende Zahlen. Die mit dem Auge wahrnehm-

1) Die Differenzen an Beleuchtungsstärke und Verteilungsgrad, die mich den Resultaten der Hammerlschen Messungen bestehen, dürften auf die nicht mehr einwandfreien weiſsen Decken und auf die Verwendung alter Auerbrenner zurückzuführen sein. Der Erfolg der indirekten Beleuchtung hängt ja so sehr von der Reinheit der Decke ab.

Skizze XVI.
III. Klassenzimmer der K. K. Realschule, indirekte Beleuchtung, 12 Auerbrenner.
Lichtverlust durch Schattenbildung in %.

Skizze XVII.
VII. Klassenzimmer der K. K. Realschule, indirekte Beleuchtung, 6 Auerbrenner.
Lichtverlust durch Schattenbildung in %.



m = 23,9 MK (30,9 : 16,6).
g = 52,8.
s = 12,5 % (18,6 % : 5,3 %).

Maßstab 1 : 75.

m = 31,8 MK (45,3 : 20,2).
g = 44,7.
s = 10,7 % (17,5 % : 3,9 %).

bare Schattenbildung war eine ebenso minimale und die Schattengrenze ähnlich wie im Hörsaal der Hygiene. Überhaupt mufs der Lichtverlust bei einer verhältnismäfsig hohen Kerzenzahl schon gröfsere Dimensionen annehmen, damit das Auge einen Unterschied wahrnehmen kann, um so mehr bei diesen beiden verglichenen Beleuchtungsarten, wo die Schattenränder so verschwommen sind. Aus obigen Skizzen können wir nun entnehmen, dafs das Hochlicht, was die mangelnde Schattenbildung betrifft, in keiner Weise der rein indirekten Beleuchtung nachsteht. Gerade dieser letzteren wird in erster Linie Fehlen jeglicher Schattenbildung nachgerühmt und eben deswegen von vielen Hygienikern der halbindirekten Beleuchtung vorgezogen. (Erismann, Bayer, Seggel-Eversbusch.) — Wir müssen hier auch die Messungen anführen, die Prausnitz im Hörsaal des neuen hygienischen Institutes zu Graz und zwar bei indirektem Bogenlicht ausgeführt. Prausnitz konnte nachweisen, dafs auch bei völlig indirekter Beleuchtung Lichtverteilung und Schattenbildung durchaus nicht immer ideal sind; durch Schattenbildung gingen an einzelnen Plätzen über 100 % der restierenden Helligkeit, d. i. 50 % der absoluten Zahl verloren. Berechnet man nach der Tabelle, in der uns Prausnitz die Ergebnisse der Schattenmessungen bei milchglaslackierten und matten Schirmen kundgibt, den mittleren Lichtverlust durch Schattenbildung, so findet man die Zahlen: Milchglas 29,5 %, lackierte Schirme 36,6 %, matte Schirme 26 %. Wir müssen jedoch berücksichtigen, dafs Prausnitz bei allen diesen Messungen die Schattenbildung einer schlecht sitzenden kurzsichtigen Person bestimmte. Für die halbindirekte Beleuchtung wird von einer Reihe von Autoren wie Erismann, Bayer, Rubner und neuerdings wieder von der Münchner Versuchskommission der Gas- und Wasserfachleute hervorgehoben, dafs sie sowohl bei elektrischem wie bei Gasglühlicht Schattenbildung in merklichem Mafse auftreten liefse. Wie sehr die Schattenbildung durch schlechte Verteilung der Lichtquellen, durch Fehlen von indirektem Licht in der Gesamtlichtmenge befördert wird, zeigt uns Skizze VII. Die allerdings hoch angebrachten Beleuchtungskörper ver-

Skizze XVIII.

Zeichensaal der K. K. Realschule, indirekte Beleuchtung, 20 Auerbrenner.

Lichtverlust durch Schattenbildung in %.

Maßstab 1 : 75.

28,6 28,2 18,8 % — 14,4 % 42,2 36,2

22,5 21,9 2,5 % — 17,8 % 38,1 31,5

21,9 18,4 15,9 % — 3,3 % 32,6 31,5

24,2 21,6 18,4 % — 7,9 % 40,1 33,7

18,0 17,0 5,5 % — 15,2 % 27,7 23,5

36,8 27,3 25,9 %

39,9 21,9 29,0 %

34,9 25,7 28,4 %

36,1 32,6 9,8 %

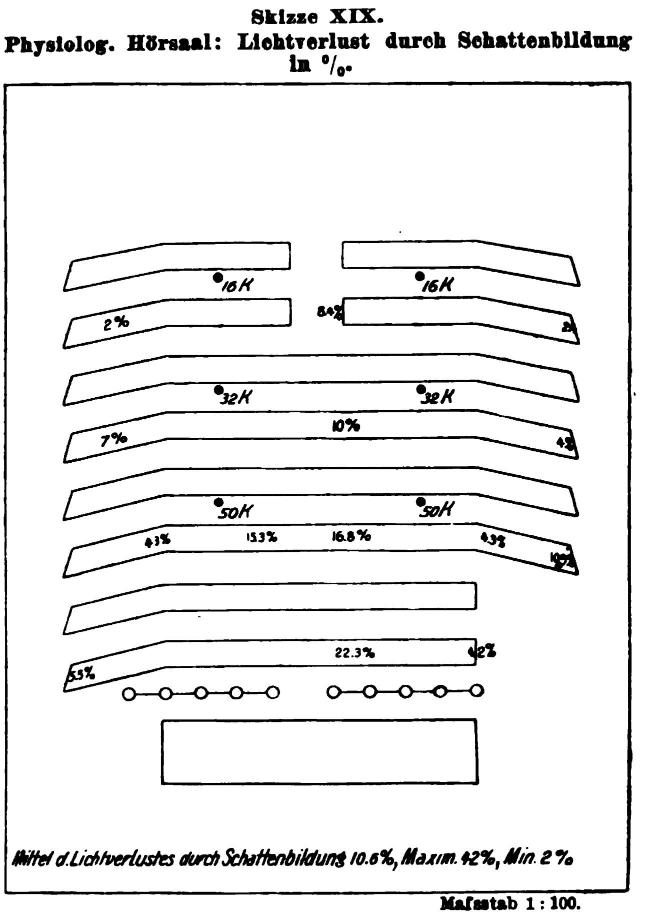
m = 32 MK (42,2 : 13).
g = 42,7.
s = 17,3 % (29 % : 2,5 %).

mögen infolge dieser Übelstände das Licht weder gleichmäfsig zu verteilen, noch störende Schattenbildung hintanzuhalten. Die Anlage hat lediglich die Bedeutung eines Lusters und gibt der Lichtmessung auch entsprechende Werte. Die Schatten sind scharf umrissen, der an einer Stelle (Schreibtisch) gefundene Lichtverlust durch Schattenbildung belief sich auf 45 %, ein Defizit, das um so mehr auffällt, da sich die Beleuchtungsstärke um so niedrige Zahlenwerte bewegt. Die Extreme dürften noch bedeutender sein, nachdem diese Stelle den Mittelpunkt zwischen Zimmermitte und Seitenwand einnimmt. In dem schon vorhin besprochenen Hörsaal der Physiologie ergab sich an Schattenbildung Max. 42 %, Min. 2 % (Skizze XIX).

Wir möchten schliefslich noch über einige Messungen berichten, die im chemischen Anfängerlaboratorium des hygienischen Institutes ausgeführt wurden und deshalb anführenswert sind, weil sie die Verhältnisse der Lichtverteilung und Schattenbildung bei Hochlichtbeleuchtung, bei indirekter und Lüsterbeleuchtung unter genau denselben äufseren Umständen (Gröfse des Raumes, Anstrich der Wände, Zeit der Messung, Stromdifferenzen) klarlegen.

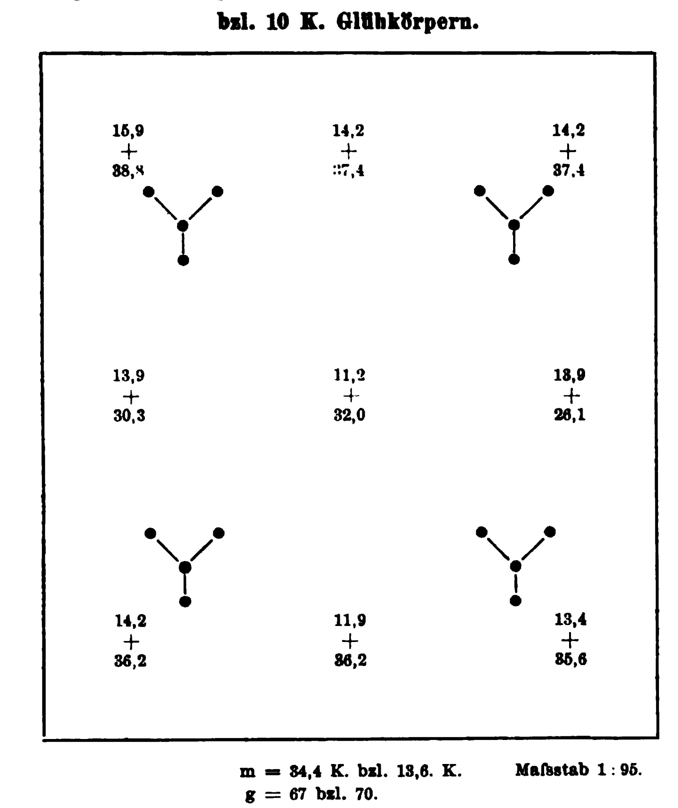
Der Raum hat bei einer Grundfläche von 68 qm eine Höhe von 4,1 m. Die Decke und ein ca. 80 cm breiter Streifen der oberen Wandteile sind weifs getüncht, die übrige Wand ist von leicht grünlicher Tönung. Zweifach kann das Zimmer künstlich erleuchtet werden, einmal durch 4 Beleuchtungsobjekte, die knapp an der Decke angebracht sind und aus 3fach gekoppelten Glühlampen bestehen; dann finden sich im Raume zwei 4armige Lüster, deren Glühkörper sich bei den Messungen in einem Abstand von 1,90 m also ca. 1 m von der beleuchteten Milchglasplatte (u) befanden. Die Beleuchtungsstrecken wurden nun an einer von Anzahl Stellen bei Hochlicht und zwar mit 10 K und 32 K Glühkörpern gemessen und die Lichtverluste durch Schatten bestimmt. In einer weiteren Reihe wurden die Beleuchtungs- und Schattenversuche ausgeführt, nachdem die gesamte Lichtmenge durch unter den Beleuchtungsobjekten angebrachte Pappschirme

Skizze XIX.
Physiolog. Hörsaal: Lichtverlust durch Schattenbildung in %.



Maßstab 1 : 100.

Skizze XX.
Chemisches Laboratorium; 4 Beleuchtungsobjekte mit je 8 Glühkörpern; Beleuchtungsstärken bei 82 K. bzl. 10 K. Glühkörpern.



m = 34,4 K. bzl. 13,6. K.
g = 67 bzl. 70.

Maßstab 1 : 95.

gegen die Decke geworfen, indirekt gemacht worden war; sodann wurden dieselben Messungen bei Lusterbeleuchtung durchgeführt. Die Luster waren mit 16 K-Glühkörpern versehen. Die Ergebnisse der Messungen können aus den Skizzen XX, XXI, XXII, XXIII, XXIV, ersehen werden. Folgende Tabelle bietet eine übersichtliche Zusammenstellung:

Versuchsräume	Gesamtlichtstärke	Beleuchtungsstärke im Mittel MK.	Maximum derselben MK.	Minimum derselben MK.	Verteilungsgrad g	Lichtverlust durch Schatten in % Mittel m	Maximum des Schattenverlustes	Minimum des Schattenverlustes
Chem. Laboratorium:								
a) Hochlicht 32 K. Glühkörper . . .	32 · 12 = 384 K.	34,4	38,8	26,1	67	9,8 %	33,0 %	4,0 %
b) Hochlicht 10 K. Glühkörper . . .	10 · 12 = 120 K.	13,6	15,9	11,2	70	—	—	—
c) Indir. Beleuchtung 32 K. Glühkörper	32 · 12 = 384 K.	25,7	29,5	21,6	73	9,1 %	27,3 %	1,5 %
d) Lüsterbeleuchtung 16 K. Glühkörper	16 · 8 = 128 K.	13,6	26,5	7,0	27	23,9 %	67,1 %	10,0 %
Zimmer im Magistratsgebäude . . . . . 35,8 qm, 3,5 Höhe	150 K. 432 K. = 178 K.	13,2	22,9	4,5	20	43,5 %	—	—
Kleines Klassenzimmer 51 qm 3,7 m Höhe . Indirekte Beleuchtung mit Auergasglühlicht.	6 Auerbrenner	31,8	45,3	21,0	45	10,7 %	17,5 %	3,9 %
Grofses Klassenzimmer 90 qm, 3,7 m Höhe . Indirekte Beleuchtung mit Auergasglühlicht.	12 »	23,9	30,9	16,3	53	12,5 %	15,9 %	5,3 %
Zeichensaal 104 qm 3,7 m Höhe . . . Indirekte Beleuchtung mit Auergasglühlicht.	20 »	32,0	42,2	18,0	43	17,3 %	29,0 %	2,5 %

Die Schlufsfolgerungen, die aus diesen Tabellen gezogen werden können, sind wieder dieselben. Weder vom Gesichtspunkte der Lichtverteilung, noch dem der Schattenbildung steht das direkte Hochlicht dem indirekten Lichte nach; dagegen ist

Skizze XXI.

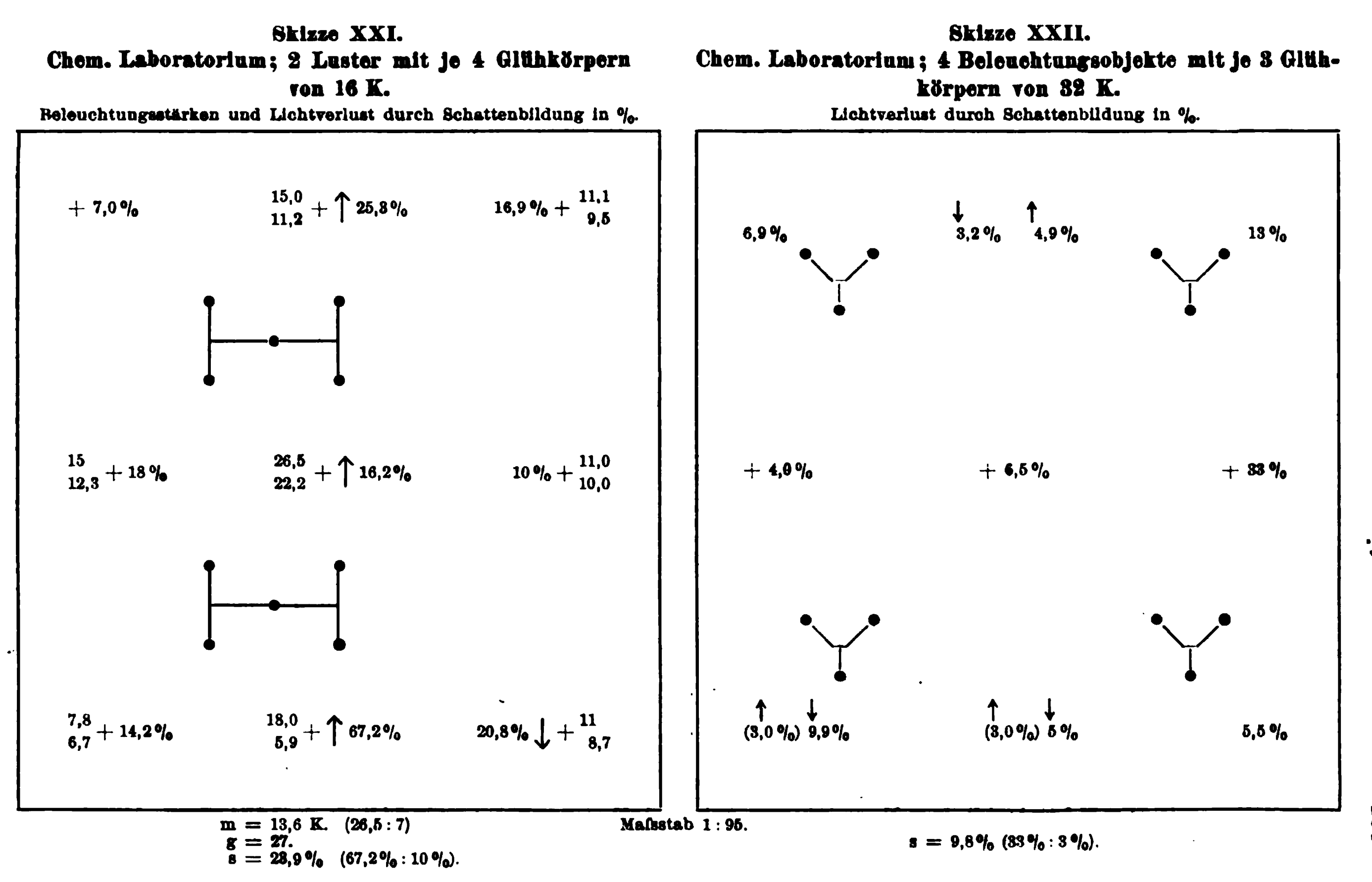
Chem. Laboratorium; 2 Luster mit je 4 Glühkörpern von 16 K.

Beleuchtungsstärken und Lichtverlust durch Schattenbildung in %.

Skizze XXII.

Chem. Laboratorium; 4 Beleuchtungsobjekte mit je 3 Glühkörpern von 32 K.

Lichtverlust durch Schattenbildung in %.



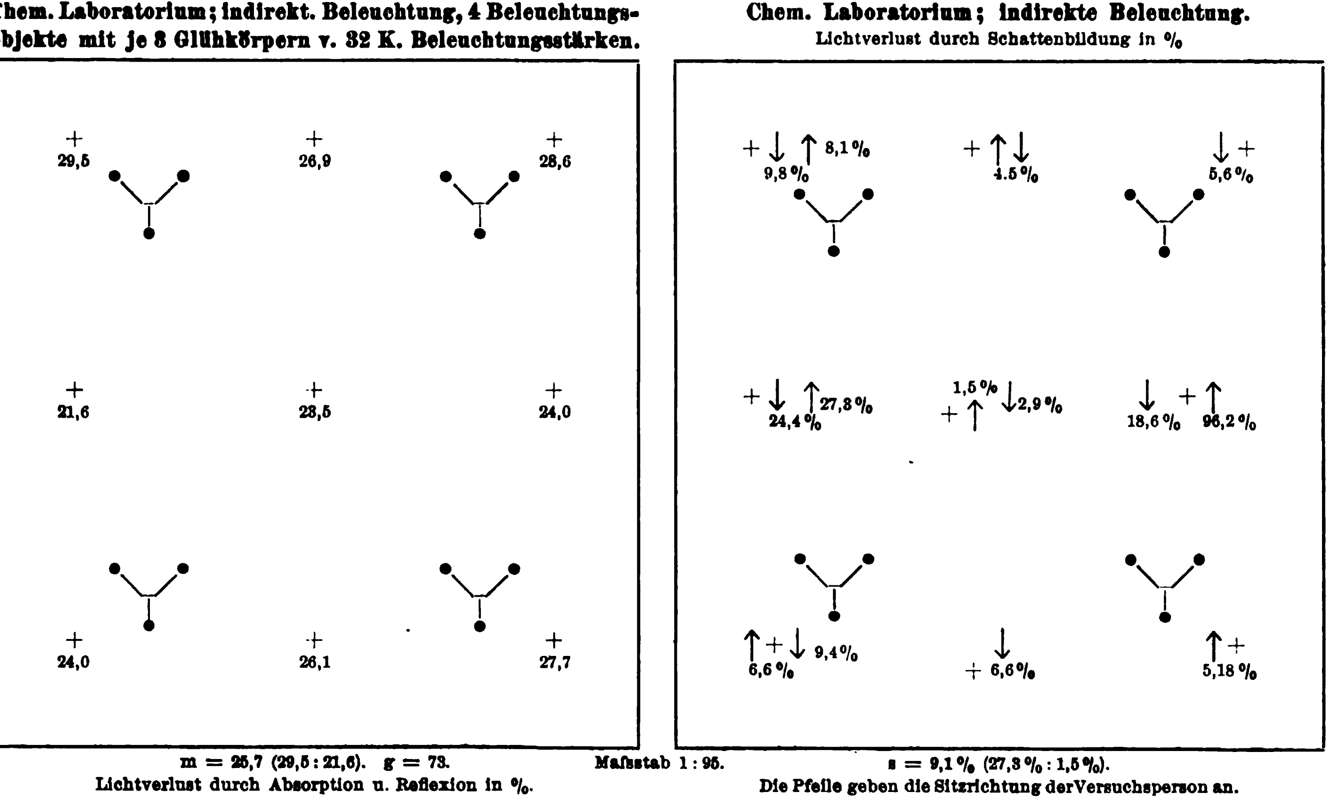
m = 13,6 K. (26,5 : 7)
g = 27.
s = 23,9 % (67,2 % : 10 %).

Maßstab 1 : 95.

s = 9,8 % (33 % : 3 %).

Skizze XXIII.
Chem. Laboratorium; indirekt. Beleuchtung, 4 Beleuchtungsobjekte mit je 8 Glühkörpern v. 32 K. Beleuchtungsstärken.

Skizze XXIV.
Chem. Laboratorium; indirekte Beleuchtung.
Lichtverlust durch Schattenbildung in %



m = 25,7 (29,5 : 21,6). g = 73.
Lichtverlust durch Absorption u. Reflexion in %.

Maßstab 1 : 95.

s = 9,1 % (27,8 % : 1,5 %).
Die Pfeile geben die Sitzrichtung der Versuchsperson an.

der Lichtverlust, der bei der indirekten Beleuchtung durch den weiteren Weg, den das Licht zurückzulegen hat und durch die Absorption von seiten der Wände in beträchtlichem Maſse stattfindet, bei Hochlicht viel geringer. Die Beleuchtungsstärke bei indirektem Licht ist im Durchschnitt im vorliegenden Falle um 31,1 % herabgemindert. Frühere Untersucher geben einen Lichtverlust von 40—50 % an. Die geringere Gröſse des Lichtverlustes mag in diesem Falle wohl daran liegen, daſs sowohl Lichtquelle wie auch Schirme der Decke ziemlich nahe waren. Dadurch ist der Weg für die Strahlen verkürzt gegenüber der gebräuchlichen Einrichtung bei Auerlicht, wo die Schirme 1 m bis 80 cm entfernt sind.

Interessant ist auch das Verhältnis der Lüsterbeleuchtung zu den anderen Beleuchtungsarten, wie es uns vorstehende Tabelle zeigt. Das Ungeeignete dieser Beleuchtung tritt deutlich zutage, besonders wenn wir das Hochlicht mit 10 K-Glühkörpern im groſsen chemischen Laboratorium mit der Lüsterbeleuchtung vergleichen. Bei zufällig gleicher mittlerer Beleuchtungsstärke (die Lichtstärken verhalten sich wie 128—120 HK) weist die Lüsterbeleuchtung einen Verteilungsgrad von 27 gegen 70 bei Hochlicht auf; eine mittlere Schattenbildung von 23,9 % gegen 9,8 %, dabei Maxima von 67,2 %!

Als weitere Vorzüge des direkten Hochlichtes wären noch zu erwähnen vor allem die gleichmäſsige Helligkeit, die den ganzen Raum erfüllt. Nirgends finden sich störende Kontraste an Lichtquantität. Die Beleuchtungskörper sind, abgesehen davon, daſs der Glanz der Lichtquelle durch die vorerwähnten Lampenglocken gedämpft wird, der Gesichtslinie entrückt; daher ist nichts von Blendung oder Störung für den Ausblick auf Tafel und Vortragspulte wahrzunehmen. Wie das Auge in keiner Weise belästigt wird, kommt auch die Wärmestrahlung ob der weiten Entfernung der Lichtquellen nicht zur Geltung. Speziell unsere Beleuchtung teilt auſserdem die Vorzüge des elektrischen Glühlichtes überhaupt. Verunreinigung und bedeutendere Erwärmung der Luft kommen in Wegfall, die Inbetriebsetzung und

Reinigung der Beleuchtungsanlage ist ungemein leicht, schnell und bequem zu bewerkstelligen. Wir müssen gleich hier erwähnen, dafs sich die Hochbeleuchtung nicht allein auf Verwendung des elektrischen Glühlichtes beschränken müfste. Das gewöhnliche Auer-Glühlicht müfste zwar von der Decke immer in einer entsprechenden Entfernung gehalten werden, doch haben wir neuerdings im hängenden Gasglühlicht eine Lichtquelle, die wir dem Plafond doch ziemlich ohne eine Beeinträchtigung und Gefahr nähern können. Es frägt sich nun weiter: lassen sich für die Stärke und Verteilung der Lichtquellen nach den vorliegenden Messungen gewisse Anhaltspunkte geben, nach denen man sich bei Installation einer derartigen Beleuchtung richten könnte? Zwei Fragen von Wichtigkeit müfsten da beantwortet werden. Wieviele Lichtquellen sind für einen bestimmten Flächeninhalt der Decke nötig, und welche Gesamtlichtstärke aller dieser Beleuchtungsquellen wäre zu fordern, um 25 bzw. 50 MK Beleuchtungsstärke für die Arbeitsplätze zu erreichen? Zur Aufstellung von Normen müfsten Messungen mit der verschiedensten Verteilung von Glühkörpern und Messungen in den verschiedensten Höhenabständen gemacht werden. Aus unseren Untersuchungen kann man nur approximative Werte aufstellen, und es würde sich da bei Vergleich der verwendeten Lichtquantität mit der erreichten Beleuchtungsstärke, und rechnerische Festlegung auf bestimmte Zahlen, wie 25 oder 50 MK, so viel sagen lassen: Mit Sicherheit würde man eine gute Belichtung erreichen, wenn man pro Quadratmeter 4—5 HK, eine sehr gute, allen Zwecken entsprechende, wenn man 8—10 HK pro Quadratmeter fordern würde. Verschiedene Höhe des Raumes, verschiedene Lage der Subsellien variieren diese Angaben sehr. So müfsten z. B. bei aufsteigenden Sitzreihen in den vorderen Teilen des Raumes stärkere Lichtquellen angebracht werden, wenn nicht, wie im Hörsaal der Hygiene, Licht von einer anderen Quelle (Lüster) für die ersten Bankreihen vikariierend eintreten soll. Prausnitz stellt für indirekte Beleuchtung die Forderung von 1 Auerbrenner auf 12 qm auf, was ungefähr unserer Forderung von 4—5 K für einen Quadratmeter entspricht. Doch gilt Prausnitz'

Forderung an Lichtstärke für eine Forderung an Beleuchtungsstärke von blofs 10 MK. Es geht eben bei der Zurückwerfung und Diffundierung bei indirekter Beleuchtung so viel Licht verloren.

Als Gesamtresultat unserer Untersuchungen fassen wir zusammen:

Durch direktes Hochlicht kann eine allen hygienischen Anforderungen entsprechende Beleuchtung erzielt werden, die besonders den speziellen Bedürfnissen von Schulräumen, Auditorien, Zeichensälen vollständig genügt; denn

1. Es wird durch dieselbe ein der Lichtmenge ganz entsprechender Beleuchtungseffekt erzielt. Die erreichte Beleuchtungskraft bleibt speziell beim Glühlicht, wenn es an einen gröfseren Betrieb angeschlossen ist, recht konstant;
2. Die Lichtverteilung mufs eine gute genannt werden; sie steht der indirekten und diffusen Beleuchtung in keiner Weise nach. Der Raum ist in allen seinen Teilen gleichmäfsig erhellt, es finden sich keine unangenehmen Lichtkontraste und keine für den Ausblick störende Beleuchtungskörper;
3. Der Lichtverlust durch Schattenbildung ist gering und die Schatten wirken, da sie unscharf sind und ein ganz allmählicher Übergang von der etwas weniger erhellten zur mehr erhellten Stelle stattfindet, für den Arbeitenden nicht störend;
3. Blendung und Wirkung der strahlenden Wärme sind von vornherein durch die hohe Lage der Lichtquellen ausgeschaltet. Die Beleuchtungskörper liegen ganz aufserhalb der Blicklinie;
5. Verunreinigung der Luft und starke Wärmeabgabe fehlt im speziellen Falle des elektrischen Glühlichts überhaupt. Für elektrisches Licht gilt noch als Vorzug leichte, schnelle und bequeme Ein- und Ausschaltung. Dies macht diese

Beleuchtungsart für Auditorien, wo viel projiziert wird, als besonders wünschens- und empfehlenswert;

6. diese Beleuchtungsart wirkt, weil durch eine Anzahl kleiner Lichtquellen erzeugt, dekorativ und ästhetisch (Rubner).

Erfordernisse für diese Beleuchtungsart sind:

1. Möglichst hohe Anbringung der einzelnen Beleuchtungskörper, wenn möglich, unmittelbar an der Decke.
2. gleichmäfsige Verteilung der Lichtquellen über die ganze Decke; um eine grofse Anzahl verwenden zu können, sollen sie nicht von einer zu hohen Lichtintensität sein;
3. weifse Decke, und besonders weifse Wände; die strenge Weifshaltung der Decke und die öfter zu erneuernde Tünchung derselben ist nicht so nötig wie bei den indirekten Beleuchtungsarten. Diese Ersparnis im Verein mit der geringeren Lichtmenge, die nötig ist für einen bestimmten Beleuchtungseffekt, äquivalieren doch den allerdings höheren Preis der Hochbeleuchtung mit elektrischem Glühlicht.

Will man also einen Raum den hygienischen Anforderungen entsprechend beleuchten und ist dazu die Verwendung des elektrischen Glühlichtes vorgesehen, so eignet sich die Installation der Beleuchtungskörper nach der geschilderten Art (Hochlicht) vorzüglich, gleichmäfsige Beleuchtungsverhältnisse zu erreichen und eine schöne ästhetische Wirkung zu erzielen.

Literatur.

1. Erismann, Bericht über die Verhandlungen des deutschen Vereins für öffentliche Gesundheitspflege 1899. Ref. Uffelmann, Pfeifer, Jahresbericht über Hygiene, 1899.
2. Erismann, Die Verwendung des elektrischen Lichtes zur direkten und indirekten Beleuchtung der Schulzimmer. Jahrbuch der schweizer. Gesellschaft für Schulgesundheitspflege I, 1900, 2. Teil.
3. H. Chon, Über die künstliche Beleuchtung von Hör- und Operationssälen. Deutsche med. Wochenschrift, 1893.
4. Prausnitz, Grundrifs der Hygiene 1905.
5. Prausnitz, Untersuchungen über künstliche Beleuchtung mit Auerlicht. Schillings Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung, 1899.
6. Kermauner u. Prausnitz, Untersuchungen über indirekte (diffuse) Beleuchtung von Schulzimmern, Hörsälen und Werkstätten, Archiv für Hygiene, Bd. 29.
7. Rubner, Handbuch der Hygiene, 1903.
8. L. Weber, Die Beleuchtung, Handbuch für Hygiene, herausgegeben von Weyl.
9. Leo Burgerstein, Schulhygiene, Handbuch der Hygiene von Weyl.
10. Bayr, Über Beleuchtungsversuche in Lesezimmern mit direkter und indirekter Beleuchtung bei Anwendung von Gas-, von Gasglühlicht, elektrischen Glüh- und Bogenlichtlampen. Zeitschrift für Schulgesundheitspflege, 1898.
11. Erismann, Hygienische Beurteilung der verschiedenen Arten künstlicher Beleuchtung. Vortrag in der Versammlung des deutschen Vereins für öffentliche Gesundheitspflege. Nürnberg 1899.
12. Die Beleuchtungsanlagen in den Erziehungs- und Unterrichtsanstalten. Gutachten von Seggel-Eversbusch. München. med. Wochenschrift, 1901.
13. Hofmann-Richter, Vergleichendes Gutachten über elektrisches Bogen- und Gasglühlicht in photometrischer und hygienischer Beziehung. Juli 1902. Münch. med. Wochenschr. 1903.
14. Hamerl H., Photometrische Messungen über die Lichtverteilung in den Klassen und Sälen an der K. K. Oberrealschule in Innsbruck bei künstlicher direkter und indirekter Beleuchtung.
15. Bazinsky, Schulhygiene, 1898.
16. Pelzer, Studien über indirekte Beleuchtung, Inaug.-Dissertat. Halle a. d. Saale 1893. Ref. Hyg. Rundschau.
17. Bericht über den ersten internationalen Kongrefs für Schulhygiene. Nürnberg 1904.
18. Pröbsting, Die künstliche Beleuchtung der Schulzimmer, Zeitschrift für Schulgesundheitspflege, 1904.

19. Roth, Über künstliche Beleuchtung; Jahresversammlung der schweizerischen Gesellschaft für Schulgesundheitspflege, 1904.

20. J. Buschek, Versuche über verschiedene Beleuchtungsarten, Monatsschrift für Gesundheitspflege, XV, 1897.

21. Indirekte Beleuchtung von Schul- und Zeichensälen durch Gas- und elektrisches Bogenlicht. Bericht der auf Veranlassung des deutschen Vereins der Gas- und Wasserfachmänner gebildeten Kommission, 1905.

22. Renk, Die neue Beleuchtung der Universitätsauditorien in Halle, mit der Festschrift zur 200. Jubelfeier.

23. Eulenburg-Bach, Schulgesundheitslehre, 1900.

Impfversuche mit Aktinomyces asteroides Eppinger an Meerschweinchen.

Zugleich ein Beitrag zur Frage der Überempfindlichkeit.

Von

Dr. Heijiro Nakayama
aus Tokio, Japan.

Aus dem hygienischen Institute der deutschen Universität in Prag. Vorstand: Prof. Hueppe.)

Mit Tafel IV, V, VI und VII.)

Durch das Entgegenkommen der Herren Prof. Hueppe und Prof. Bail wurde ich in die Lage gesetzt, im hiesigen Institute eine grofse Reihe von Tierversuchen mit Aktinomyces ausführen zu können, welche nicht nur in ihrem bakteriologischen und pathologisch-anatomischen Befunde, sondern auch in einem bis jetzt noch unbekannten Verhalten des Pilzes gegen den Tierorganismus, der Überempfindlichkeit, ein grofses Interesse darbieten.

Das Studium dieser Überempfindlichkeit ist nicht nur deshalb von Wichtigkeit, weil diese Erscheinung neuerdings immer gröfsere Bedeutung im Bereiche der experimentellen Bakteriologie gewinnt, sondern es stellt auch eine direkte Notwendigkeit für die allgemeine Gesundheitspflege des menschlichen und tierischen Organismus dar, da dieser äufserst gefährliche Körperzustand auch im Verlaufe der so weit verbreiteten und so schwer überwindbaren tuberkulösen Infektion in Erscheinung tritt. Die bisherigen Mifserfolge der Immunisierungsversuche gegen den

Tuberkelbazillus scheinen nach meiner Vermutung mit dem Zustandekommen dieses für den Organismus äufserst nachteiligen Körperzustandes in einem sehr innigen Zusammenhange zu stehen.

Ein kurzer Überblick über die bisherigen Tierversuche mit verschiedenen Aktinomycesstämmen, der übrigens keinen Anspruch auf Vollständigkeit macht, sei in folgendem gegeben.

Die Erkenntnis von Langenbeck, dafs die Aktinomykose eine Pilzkrankheit ist, war vollständig in Vergessenheit geraten, so dafs es als eine vollständig neue Ermittelung erschien, als Bollinger[1]) im Jahre 1877 den Aktinomycespilz beim Rinde erkannte und zum ersten Male genau darüber berichtete. Seitdem erschien eine grofse Anzahl von Publikationen über diese Pilzkrankheit.

Im Gebiete der experimentellen Untersuchung dieses Pilzes wäre Johne[2]) als der erste zu nennen, der bei Impfversuchen an zwei Kälbern positive Resultate erhielt, während bis dahin von vielen Autoren (Perroncito, Rivolta, Bollinger und Siedamgrotsky) das Gegenteil behauptet worden war.

Ponfick[3]) stellte eine grofse Reihe von Übertragungsversuchen mit Aktinomyceskörnchen und Gewebsstückchen an und erhielt positive Resultate bei Kälbern, sowohl bei Einführung in das subkutane Gewebe und in die Peritonealhöhle, als in die Blutbahn, während er bei der Fütterung und bei den Impfversuchen an Kaninchen und Hunden durchaus negative Resultate erhielt.

Israel[4]) brachte einem Kaninchen ein kleines Stückchen aktinomykotischen Granulationsgewebes aus einem peripleuralen Abszefs eines an primärer Zungenaktinomykose leidenden Patienten durch einen Einschnitt in die Bauchhöhle, tötete das Tier nach 78 Tagen und fand eine Anzahl von aktinomykotischen Geschwülsten in der Bauchhöhle.

---

1) Zentralbl. f. d. med. Wissensch. 1877, Nr. 27.

2) Zentralbl. f. d. med. Wissensch. 1880, Nr. 48.

3) Die Aktinomykose des Menschen, eine neue Infektionskrankheit, Berlin 1882.

4) Zentralbl. f. d. med. Wissensch., 1883, Nr. 27.

Rother[1]) führte ebenfalls mit Materialien von aktinomykotischen Menschen zahlreiche Impfversuche auf Kälber, Schweine, Hunde, Meerschweinchen und Kaninchen aus und hatte in einem Falle, und zwar bei einem Kaninchen, ein positives Resultat zu verzeichnen.

Nocard[2]) fand bei der Untersuchung der Ätiologie einer Krankheit der Rinder in Guadeloupe einen neuen Fadenpilz, den er Cladothrix farcinica nannte. Bei Tierexperimenten zeigte der Pilz besonders grofse Pathogenität für Meerschweinchen, welche bei intravenöser und intraperitonealer Infektion unter allgemeiner Bildung von miliaren tuberkelähnlichen Knötchen zugrunde gingen. Rinder und Hammel wurden ebenfalls infiziert, waren aber widerstandsfähiger. Kaninchen, Hunde, Katzen, Pferde und Esel schienen refraktär zu sein. Eine subkutane Infektion des Pilzes rief bei den empfänglichen Tieren Abszesse hervor.

Afanassjew[3]) brachte Reinkulturen von Aktinomyces in die Bauchhöhle mehrerer Meerschweinchen ein, wobei er zeigen konnte, dafs die Tiere unzweifelhafte aktinomykotische Erkrankungen des Peritoneums, des Mesenteriums und des Netzes aufwiesen, wodurch der Tod herbeigeführt wurde.

Hanau[4]) impfte menschliche Aktinomyceskörnchen in die vordere Kammer zweier Kaninchenaugen und fand in denselben zunächst eine gelbliche voluminöse Gewebsmasse, in welcher nach einem Monate alle Übergänge zwischen Fadenballen und keulentragenden Drusen des Aktinomycespilzes wahrzunehmen waren.

Baracz[5]) inokulierte frische, reine Aktinomycesdrusen eines Menschen an graue und weifse Mäuse, Tauben und Hühner, aber sämtliche Versuche blieben erfolglos.

---

1) Ref. in Zentralbl. f. Bakt. 1887.
2) Annales Pasteur, 1888, Vol. 2.
3) Ref. in Zentralbl. f. Bakt. 1888, Bd. 4.
4) Ref. in Zentralbl. f. Bakt., 1889.
5) Wien. klin. Wochenschr., 1890.

Bostroem[1]) berichtete in seinem grofsen Werke »Untersuchungen über die Aktinomykose des Menschen« u. a. über die Resultate von Übertragungsversuchen. Der Autor experimentierte an Kälbern, Schweinen, Kaninchen und Meerschweinchen, indem er Aktinomycesdrusen des Menschen und des Rindes auf den operativ freigelegten Kieferknochen, in tiefgelegene Muskelhöhlen (Schwein), in die Peritonealhöhle (Kaninchen) und in das Unterhautzellgewebe verimpfte. Alle seine diesbezüglichen Experimente lieferten übereinstimmend negative Resultate.

Die Resultate von Wolff und Israel[2]), welche hier etwas genauer zitiert sein mögen, zeichneten sich durch günstige positive Erfolge in der Literatur der Übertragungsversuche mit Aktinomyces aus. Die Autoren stellten im ganzen an 23 Tieren Versuche an, wovon 22 mit einem von ihnen gezüchteten anaeroben Aktinomyces infiziert waren, während einem zur Kontrolle reine Agarstücke in die Bauchhöhle eingebracht wurden. Unter diesen 22 mit dem Strahlenpilz infizierten Tieren befanden sich 18 Kaninchen, 3 Meerschweinchen und 1 Hammel; — 18 Tieren wurden in Stücke geschnittene Reinkultur auf Agar, einem eine Aktinomyceskultur, die in Eigelb gezüchtet war, in die Peritonealhöhle eingebracht; ein Tier erhielt auf Agar gezüchteten Strahlenpilz mit physiologischer Kochsalzlösung verrieben in die Leber injiziert; einem anderen war eine ebensolche Suspension, vermischt mit Staphylococcus aureus, auf dieselbe Weise beigebracht, und einem Tiere endlich wurden Stücke eines durch Impfung experimentell erzeugten Tumors in die Bauchhöhle einverleibt. Keines der Tiere zeigte intra vitam auffallende Krankheitserscheinungen; 18 wurden nach Ablauf von 4—7 Wochen getötet, 4 lebten 7—9 Monate nach der Infektion bis zur Publikation. Von sämtlichen 22 Versuchen ergab nur der am Hammel ausgeführte ein negatives Resultat, während 17 Kaninchen und Meerschweinchen bei der Sektion eine Neubildung von Geschwulstmassen zeigten, und zwar 15 mal nur in der Peritoneal-

1) Zieglers Beiträge, 1891, Bd. 9.
2) Virchows Archiv, 1891, Bd. 126.

höhle, einmal ebendaselbst und in der Bauchmuskulatur an der Inzisionsstelle, einmal in der Milz. Die Tumoren zeigten eine bindegewebige Hülle mit talgartigem Inhalte. Die mikroskopische Untersuchung des letzteren ergab fast stets typische Aktinomycesdrusen mit radiär angeordneten keulentragenden Fäden. Bei 4 lebenden Tieren waren die Tumoren durch die Bauchwand hindurchzufühlen.

Schmorl[1]) fand einen obligat anaeroben Fadenpilz, Streptothrix cuniculi [Jensen[2]) identifizierte den Pilz mit Bacillus necroseos], bei einer Infektionskrankheit der Kaninchen, die an den Lippen beginnende Gewebsnekrose verursacht und auch fibrinöse Entzündungen seröser Häute aufwies. Nach ihm waren aufser Kaninchen nur Mäuse empfänglich.

Eppinger[3]) beobachtete in einem Falle von einem chronischen, tödlich verlaufenden Hirnabszesse eines 52 jährigen Mannes einen bisher noch unbekannten verzweigten Fadenpilz, den er als eine Cladothrixart (Cl. asteroides, die heutzutage als Actinomyces asteroides allgemein bekannt ist und bei meinem Tierversuche gebraucht wurde) bezeichnete. Isolation des Pilzes gelang ihm auf verschiedenen Nährsubstraten. Der Pilz erzeugte bei der Impfung von Meerschweinchen und Kaninchen eine infektiöse Allgemeinerkrankung, Pseudotuberkulose, während Mäuse gegen den genannten Pilz refraktär erschienen.

Gruber[4]) demonstrierte einst eine dem Aktinomyces verwandte Pilzart, die bei subkutaner Impfung eine eitrig-fibrinöse Bindegewebsentzündung mit Abszedierung hervorrief.

Nach Kopfstein[5]) zeigten mehrere mit Aktinomyces geimpfte Tiere noch zwei Monate nach der Infektion keinerlei Krankheitssymptome.

Rossi-Doria[6]) isolierte aus verschiedenen Medien, Luft, Wasser und Erde, 6 verschiedene Streptothrixarten und impfte

1) Zeitschr. f. Tiermed., 1891.
2) Handbuch der path. Mikroorg., 1903, Bd. II, S. 693.
3) Zieglers Beiträge, 1891, Bd. IX.
4) Zit. nach Petruschky, die pathogenen Trichomyceten, Handbuch d. path. Mikroorg., 1903, Bd. II.
5) Časop. lék. česk., 1892, Nr. 20 u. 21.
6) Zit. nach Sanfelice, Zentralbl. f. Bakt., 1904, Bd. 76.

dieselben 5 Meerschweinchen und 4 Kaninchen ein, wobei sich Streptothrix violacea nur einmal als pathogen erwies. Ein Meerschweinchen, das mit dem genannten Pilze am Bauch infiziert wurde, starb nach 22 Tagen. Bei der Sektion des Tieres fand er zahlreiche stecknadelkopf- bis erbsengrofse Knötchen an Leber, Milz und Lungen.

Mayo[1]) impfte mehrere Meerschweinchen, 4 Rinder und einen Hund mit Material von Rinderaktinomykose. 37 Inokulationen wurden mit einem aktinomykotischen, keulentragende Kolonien enthaltenden Eiter ausgeführt. Alle ergaben dabei negative Resultate. 14 Versuche wurden mit einem, ausgewachsene Pilze enthaltenden, aktinomykotischen Gewebe ausgeführt, von denen 8 positives Resultat ergaben, wobei charakteristische aktinomykotische Tumoren gefunden wurden. In allen positiven Fällen waren die Impfwunden geheilt und im Ablaufe von 14—27 Tagen waren kleine, fibröse, in der beginnenden Entwicklung begriffene Knötchen zu erkennen.

Garten[2]) kultivierte eine Cladothrixart aus einem menschlichen Aktynomykoseeiter, welche am besten aerob wuchs. Eine Übertragung der Kulturmasse ergab unter 37 Versuchen an Kaninchen, Meerschweinchen und Tauben nur 3 positive Resultate bei den beiden ersten Tierspezies. Bei den nach mehreren Wochen getöteten Tieren, welche sich hatten infizieren lassen, fanden sich einige erbsen- bis bohnengrofse höckerige Knötchen in Abdomen, die eine atherom breiartige, gelbweifse Masse enthielten.

Boyce[3]) isolierte einen dünnen Pilz aus Mycetom (Madurafufs), der sehr langsam auf Glyzerin- und Traubenzuckeragar wuchs. Bei der subkutanen Inokulation an Meerschweinchen, Kaninchen, Affen und Ratten brachte der Pilz Tumorenbildung hervor, aber keine allgemeine Infektion.

---

1) Zit. nach Wright, Publication of the Massachusetts General Hospital, Boston, 1905, Vol. 1, Nr. 1.

2) Deutsche Zeitschr. f. Chir., Bd. 41.

3) Zit. nach Petruschky, l. c.

Gasperini[1]) konnte zeigen, dafs ein aus einem Rinde gezüchteter Aktinomyces hoch virulent für Meerschweinchen war; diese starben innerhalb zwei Tagen nach der Infektion, nach seiner Auffassung mehr an Intoxikation als infolge der Invasion des Pilzes. Nach einer intraperitonealen Impfung bildeten sich bis erbsengrofse Abszesse in den Bauchorganen, welche den Pilz in seinen verschiedenen Formen, aufser der Keulenform, enthielten. Auch wurden Meerschweinchen zugleich mit Aktinomyces und Tuberkelbazillen geimpft; dabei fand der Autor, dafs der Aktinomyces nach zwei- bis dreimaliger Fortimpfung von Tier zu Tier verschwunden war. Nachträgliche Impfung eines mit Tuberkelbazillen infizierten Tieres mit Aktinomyces oder Toxinen desselben modifizierte den Ablauf der tuberkulösen Erkrankung nicht.

In einer weiteren Arbeit berichtete Gasperini[2]) über einen Versuch, in dem es gelang, bei einem Kalbe durch Einimpfung einer aus menschlicher Lunge gezüchteten, kolbenfreien Aktinomyceskultur in die Kiefermuskulatur einen Abszefs mit kolbentragenden Aktinomycesdrusen zu erzeugen. Die Kultur war auch für Meerschweinchen, Kaninchen, Katzen, Hunde, und zwar besonders für junge Tiere, pathogen. Bei diesen Tieren entstanden nach der Infektion Abszesse, tuberkel- und sarkomähnliche Knötchen. Mit wiederholten Injektionen kleiner Dosen von Kultur behandelte Katzen wurden gegen hohe Dosen refraktär.

Ferré und Faguet[3]) fanden eine Streptothrixart in einem Gehirnabszesse. Die Impfversuche mit diesem Pilze ergaben keine deutlichen Krankheitserscheinungen.

Sabrazés und Rivière[4]) fanden einen aerob wachsenden Fadenpilz, der von Aktinomyces abwich, in einem Falle von Hirnabszefs und einem Falle chronischer Lungenaffektion mit Auftreten subkutaner Abszesse. Der Pilz wurde von Rivière genauer bakteriologisch studiert. Bei den Tierversuchen mit dem Pilze wurde Pseudotuberkulose konstatiert.

1) Ref. in Zentralbl. f. Bakt. 1899, Bd. 25.
2) Ref. in Zentralbl. f. Bakt., 1899, Bd. 25.
3) Zit. nach Petruschky, l. c.
4) Zit. nach Petruschky, l. c.

Sanfelice[1]) führte eine Reihe von Übertragungsversuchen mit Aktinomycespilzen von Rindern aus. Es gelang ihm durch Impfung mit Pilzen, welche keine Keulenbildung aufwiesen, typische Aktinomykose bei Meerschweinchen zu erzielen, während die Übertragung mit der keulentragenden Form niemals gelang. Nach ihm schien das Meerschweinchen übrigens kein besonders geeignetes Versuchstier zu sein, da die Mehrzahl der Tiere überhaupt nicht erkrankte und da es nicht gelang, die Krankheit in zweiter Generation fortzupflanzen.

Berard[2]) berichtete, dafs er durch Einimpfung von Aktinomyces in die hintere Augenkammer von Kaninchen in einem Falle tödliche Aktinomykose, in einem anderen ein Knötchen in der Membrana hyaloidea erhielt.

Scheele und Petruschky[3]) züchteten eine Streptothrixspezies aus einem Falle einer an chronischem Lungenleiden mit multiplen Subkutanabszessen erkrankten Frau. Durch subkutane Injektion von Bouillonkulturen des Pilzes bei Kaninchen wurden Abszesse erzeugt, welche durch Zerdrücken zum Verschwinden gebracht werden konnten.

Pottien[4]) fand bei der Untersuchung des Darminhaltes eines Ruhrfalles einen verzweigten Pilz, den der Autor unter die Streptotricheen rechnete. Die Kulturen waren für Meerschweinchen pathogen und töteten die Versuchstiere nach intraperitonealer Infektion.

Berestneff[5]) isolierte einen Fadenpilz, der sehr langsam und spärlich wuchs, aus einem Falle anscheinend typischer menschlicher Lungenaktinomykose. Intraperitoneale Infektion mit dem Pilze bei Tieren rief keine Krankheitserscheinungen hervor, während bei der subkutanen Infektion Infiltrate entstanden, die langsam resorbiert wurden.

---

1) Ref. in Zentralbl. f. Bakt., 1896, Bd. 19.
2) Zit. nach Lubarsch-Ostertag, Ergebnisse, III. Jahrg., 1. Abt.
3) Zit. nach Petruschky l. c.
4) Hyg. Rundschau, 1897, Bd. 7.
5) Zeitschr. f. Hyg., 1898, Bd. 29.

Flexner[1]) fand einen Streptothrixpilz in einem Falle von Pneumonie, welche mit Nekrose und Kavernenbildung verbunden war. Die Isolation des Pilzes gelang nicht. Die Impfung mit Material aus der erkrankten Lunge verursachte den langsamen Tod eines Meerschweinchens unter allgemeiner Abmagerung. Die Untersuchung ergab keine charakteristische Gewebsveränderung.

Bruns[2]) beschrieb eine Aktinomycesart, die er aus einem Falle von Aktinomykose der Bauchdecken züchtete. Tierexperimente mit dem Pilze, die er mit einer Reihe von Meerschweinchen, Kaninchen und Mäusen anstellte, waren sämtlich ohne Resultat verlaufen.

Rullmann und Perutz[3]) beobachteten im Auswurf einer lungenleidenden Patientin das Vorkommen gelblich-grüner Knöllchen, welche eine deutliche Verzweigungen zeigende Streptothrix enthielten. Die Reinkultur des Pilzes gelang ihnen. Bei den zahlreichen Impfversuchen gingen ca. $^2/_3$ von Tieren unter Allgemeininfektion zugrunde. Die aus den Tieren wieder gewonnenen Kulturen zeigten untereinander kulturelle Abweichungen.

Foulerton[4]) beobachtete einen Fadenpilz vom Charakter der Streptothrix im Auswurf und Eiter bei einem Lungenleiden mit sekundären Eiterungen. Kulturell wuchs der Pilz aerob auf Glyzerinagar. Nach dem Resultate der Impfversuche war der Pilz für Meerschweinchen nicht pathogen.

Deans[5]) kultivierte eine Streptothrixart aus einem harten Knötchen am Kieferwinkel eines Pferdes. Der Pilz war besonders für Kaninchen, weniger für Meerschweinchen und Tauben pathogen.

Bonvicini[6]) isolierte aus einer aktinomykoseähnlichen Hautaffektion eines Stiers eine aerobe Streptothrixart, die für

1) Journ. of exp. Med., 1898.
2) Zentralbl. f. Bakt. 1899, Bd. 26.
3) Münch. med. Wochenschr., 1899.
4) Lancet, 1899, vol. 2.
5) Zit. nach Petruschky, l. c.
6) Zit. nach Petruschky, l. c.

Meerschweinchen, Katzen und Hühner, nicht aber für Kaninchen und Esel pathogen war.

Silberschmidt[1]) beschrieb einen neuen Pilz, den er aus einer Ziegenlunge züchtete und als Streptothrix caprae bezeichnete. Er war für Kaninchen und Meerschweinchen pathogen und erzeugte bei intravenöser Injektion Knötchenbildung in verschiedenen Organen und bei subkutaner Infektion Abszesse.

Krause[2]) konnte eine Aktinomycesart aus Körnchen eines menschlichen aktinomykotischen Eiters auf verschiedenen Nährboden kultivieren. Tierversuche wurden mit 10tägigen Agar- und Bouillonkulturen bei Mäusen, Meerschweinchen und Kaninchen angestellt. Sie fielen sowohl bei subkutaner wie bei intraperitonealer Einverleibung des Infektionsmaterials absolut negativ aus.

Sternberg[3]) beschrieb drei Fälle von Aktinomykose beim Menschen. Aus denselben züchtete er einen fakultativ anaeroben Pilz. Bei Kaninchen wurde Abszefsbildung oder Infiltration, welche in mehr oder minder reichlicher Menge die Pilze in Stäbchenform enthielten, an der Injektionsstelle beobachtet, niemals aber typische Drusenbildung.

Aoyama und Miyamoto[4]) beobachteten eine Streptothrix, welche die Autoren von anderen Streptothrixarten unterschieden, Streptothrix japonica nannten, im Auswurf eines tödlich verlaufenden Falles von Streptotrichose der Lunge. Die intraperitoneale und intrapleurale Injektion von Lungeneiter und von Kulturmassen des Pilzes erzeugte bei Meerschweinchen hämorrhagische Entzündungen mit mäfsigen Knötchenformationen. Bei der intravenösen Injektion bildeten sich zahlreiche Knötchen in der Muskulatur. Die Impfversuche an Kaninchen, Mäusen und Hühnern fielen aber negativ aus.

Schürmayer[5]) isolierte ebenfalls eine Aktinomycesspezies aus menschlicher und tierischer Aktinomykose. Er impfte Agar-

1) Annales Pasteur, 1899.
2) Zentralbl. f. Bakt., 1899, Bd. 26.
3) Wien. klin. Wochenschr., 1900, Nr. 24.
4) Mitt. d. med. Fak. d. Kaiserl. Japan. Univ. Tokio, 1900, Bd. IV, Nr. 7.
5) Zentralbl. f. Bakt., 1900, Bd. 27.

kultur mit Deckglassplittern in die Kuppe des Mittelfingers, wobei er die Bildung einer Blase bemerkte, welche trotz verschiedener Behandlungen recidivierte und erst 3/4 Jahre nach der Impfung zur Heilung gebracht werden konnte. Als Versuchstiere verwendete er weifse Mäuse, die 4—8 Wochen nach der intraperitonealen Inokulation von Glyzerinbouillonkultur unter allgemeiner Knötchen- und Herdbildung zugrunde gingen.

Norris und Larkin[1]) beobachteten zwei Fälle von nekrotischer Bronchopneumonie. Im Bronchialeiter waren Körnchen enthalten, in denen neben Streptokokken verzweigte Pilze nachzuweisen waren. Die Isolierung des Pilzes, die den Autoren grofse Schwierigkeit machte, gelang in einem Falle. Die Kulturen waren für Kaninchen pathogen, bildeten bei subkutaner Injektion Abszesse und bei trachealer Emphysem und Lungenabszesse.

Mertens[2]) übertrug Aktinomyceskulturen in die Augen von Kaninchen. Unter 11 Augen, die er impfte, blieben 8 reaktionslos, während bei 3 anderen ca. 3 Wochen nach der Impfung eine heftige Entzündung des Bulbus sich einstellte; in 2 derselben konnte er Aktinomykose nachweisen.

Silberschmidt[3]) beschrieb einen Fall von menschlichem Oberschenkelabszefs mit verzweigten Pilzfäden, sowie mehrere Fälle von menschlicher und tierischer Aktinomykose. Mit dem Eiter und den Reinkulturen wurden mehrere Kaninchen, Meerschweinchen und weifse Mäuse subkutan, intraperitoneal oder intravenös infiziert, wobei der Autor Abszefsbildung mit den betreffenden Mikroorganismen an einem Teile der Versuchstiere bemerkte, während ein anderer Teil negative Resultate ergab.

Birt und Leishman[4]) hatten im südafrikanischen Kriege Gelegenheit, einen Fall von tödlich verlaufender Lungenstreptotrichose bei einem Dragoner zu untersuchen. Kulturell waren

---

1) Journ. of exp. med. 1900, Vol. 5.
2) Zentralbl. f. Bakt., 1901, Bd. 29.
3) Zeitschr. f. Hyg., 1901, Bd. 37.
4) Zit. nach Petruschky, l. c.

schneeweifse Kolonien nachweisbar. Bei der intraperitonealen Infektion starben Meerschweinchen innerhalb 5—6 Wochen, wobei grofse käsige Eitermassen sich bildeten. Bei subkutaner Infektion entstanden Abszesse, welche nach aufsen durchbrachen und heilten.

Mac Callum[5]) führte eine Anzahl von Tierexperimenten mit Aktinomyces asteroides aus, den er von einer aktinomykotischen Person kultivierte. Nach seinen Versuchen erwiesen sich Kaninchen und Meerschweinchen sowohl bei der subkutanen als auch bei der intraperitonealen und intravenösen Infektion empfänglich. Bei Mäusen bildeten sich Abszesse an der Impfstelle aus und die Tiere starben, ohne sonst Organveränderung zu zeigen. Hunde erwiesen sich gleichfalls empfänglich und starben nach der intravenösen Inokulation mit verschiedenen Organveränderungen.

Sanfelice[6]) veröffentlichte in einer weiteren Arbeit die Resultate der Übertragung verschiedener aus der Luft isolierter Streptothrixarten an Kaninchen und Meerschweinchen. Unter mehreren Stämmen zeigten zwei von Str. alba Pathogenität, indem die Versuchstiere mehrere Tage nach der intravenösen Infektion unter Knötchenbildungen in den Lungen und der Leber, ev. in der Milz starben. Ebensolche Infektionen mit der aus Zungenaktinomykose eines Rindes isolierten Str. alba gelangen gleichfalls. Dieselben Resultate erzielte er bei der Impfung mit Str. albido-flava und Str. chromogens. Eine Inokulation mit Str. violacea erfolgte ähnlich. Bei der Sektion der Tiere fand er Knötchenformationen besonders häufig in den Lungen und den Nieren, seltener in der Leber und der Milz. Die Übertragung mit einer aus dem Tartarus dentium isolierten Streptothrixart zeigte einen ähnlichen anatomischen Befund.

Wright[1]) führte neuerdings eine grofse Reihe von Tierexperimenten mit Aktinomyces von 15 verschiedenen Abstam-

---

1) Zentralbl. f. Bakt., 1902, Bd. 31.

2) Zentralbl. f. Bakt., 1904, Bd. 36.

3) Public. of the Massachusetts General Hospital, Boston 1906, Vol. 1, Nr. 1. Daselbst genaue Zusammenstellung der Literatur, besonders die Züchtung betreffend.

mungen hauptsächlich an Meerschweinchen und Kaninchen aus, wobei intraperitoneale Inokulation am meisten angewendet wurde. Die Resultate der Impfung waren keineswegs konstant. Eine Anzahl verlief resultatlos. Einige Tiere entwickelten eiterige Prozesse, die nicht sicher auf Aktinomykose zu beziehen waren. Eine progressive Aktinomykose wurde nicht erzielt. Wrights eigene Worte lauten: »In brief it may be said that the microorganism of actinomycosis shows little or no infectious activity in inoculation experiments. It would seem that other factors beside the microorganism must play a prominent part in the production of a progressive actinomycosis.«

Wegen der Klarstellung der Ätiologie und erfolgreichen Behandlung sei noch folgende nicht veröffentlichte Beobachtung von Hueppe erwähnt, die er vor einer Reihe von Jahren in einem Gestüte in Böhmen machte. Wertvolle Zuchtpferde waren durch Geschwüre an den Füfsen erkrankt und diese Krankheit war nicht zu beseitigen; im Gegenteil wurde sie immer ärger, weil sich die Tiere wegen des Juckens rieben, die benachbarten Tiere verletzten und infizierten. Es gelang Hueppe, nachdem die Tiere gewaschen und die Wunden gereinigt und desinfiziert worden waren, aus dem dann zutage tretenden körnigen Gewebe in dem mit dem scharfen Löffel entnommenen Material eine Aktinomycesart zu kultivieren. Dieselbe Art wurde auch im Stroh gefunden, welches im Stalle war und in dem, welches erst zur Streu bestimmt, mit den Tieren noch in keine Berührung gekommen war. Die ersten Infektionen waren vermutlich dadurch zustande gekommen, dafs am Stroh haftende Keime in zufällige kleine Hautwunden gelangt waren. Die Geschwüre und Wunden wurden mit dem von Hueppe in die Wundbehandlung eingeführten, später Xeroform genannten Tribromphenolwismut verbunden. Die Juckung war damit wie abgeschnitten und die Wunden heilten schnell, so dafs keine weiteren Verluste mehr auftraten und die weiteren Infektionen aufhörten.

Die kurze Übersicht zeigt, dafs die Resultate der bisherigen Übertragungsversuche sehr variabel waren, indem positive Fälle neben zahlreichen negativen berichtet wurden. Der absolut

positive Erfolg, den M. Wolff und J. Israel durch intraperitoneale Inokulation bei Kaninchen und Meerschweinchen verzeichneten, scheint nach den Angaben der Literatur nicht immer mit Sicherheit zu gelingen.

Ob tatsächlich die Übertragung des Aktinomyces auf Tiere eine so grofse Schwierigkeit darbietet, wie bisher angenommen wurde, und ob der konstante positive Erfolg speziell nur bei der Impfung mit anaerobem Aktinomyces, wie er von M. Wolff und J. Israel beschrieben wurde, zu erwarten ist, scheint mir nicht wahrscheinlich, da das Resultat eigener Versuche mit Aktinomyces asteroides an Meerschweinchen ohne Ausnahme als positiv bezeichnet werden mufs.

Für die Erklärung der Frage, worauf sich die grofse Resultatsschwankung bei den bisherigen künstlichen Impfversuchen bezieht, müssen natürlich die Unterschiede der Infektionsmethode und der Empfänglichkeit der Versuchstiere, die Verschiedenheit der Spezies und der Virulenz des angewendeten Pilzes und die Differenzen in Form und Menge des Impfmaterials berücksichtigt werden, aber gleichwohl ist das schwankende Ergebnis durch die eben genannten Momente allein nicht ganz erklärlich, da einerseits die Übertragung eines einem spontan an Aktinomykose erkrankten, also sicher empfänglichen Tieres entnommenen Pilzes auf andere gesunde Tiere einer und derselben Spezies (z. B. von einem Rinde auf Kälber) nicht immer gelang und anderseits die Impfung einer bestimmten Aktinomycesspezies auf mehrere Tiere einer und derselben Art nicht immer gleichartig verlief. Meiner Ansicht nach kommt noch ein sehr wichtiger Moment, nämlich die Differenz der Untersuchungszeit, d. h. die Verschiedenheit des Intervalles zwischen der Inokulation und der letzten Entscheidung des Resultates, zur Erklärung der Differenz der bisherigen Resultate in Betracht, da ich regelmäfsig feststellen konnte, dafs die Impfaktinomykose beim Meerschweinchen nicht immer, sondern nur gewissermafsen in anfänglichen Stadien progressiv fortschreitet und dann regressiv zur allmählichen Heilung überging. Obwohl diese Tatsache noch nicht für jede Tier- und Aktinomycesspezies geltend zu machen ist, so drängt

sich doch der Gedanke auf, dafs ein solches Verhältnis auch in anderen Fällen bestand, da eine grofse Anzahl der bisherigen Angaben darin übereinstimmt, dafs die Versuchstiere nach der Impfung keine erhebliche Krankheitserscheinung darboten, während dennoch eine typische Aktinomykose wie in meinen Fällen bestand. Aus diesem Grunde bezweifle ich, dafs die Versuche, welche als negativ erklärt wurden, tatsächlich in allen Stadien der Infektion wirklich als solche zu bezeichnen waren.

Die näheren Ergebnisse meiner Versuche sollen im nachfolgenden mitgeteilt werden, aber ich betone bereits an dieser Stelle, dafs die Untersuchung in den früheren Infektionsstadien bei der richtigen Entscheidung des Endresultates der Impfaktinomykose unerläfslich ist.

Bevor ich auf eigene Versuche eingehe, will ich hier kurz über die Technik der Untersuchung und die Beschaffenheit des Pilzes berichten.

Als Versuchstiere wurden stets kleine, durchschnittlich 200 g schwere Meerschweinchen ausgewählt. Die Kultur des Pilzes (Actinomyces asteroides Eppinger), den ich zu den Versuchen benutzte, war seit 8 Jahren immer aerob im Institute gezüchtet worden. Bei der Infektion wurden 5—7 Tage alte Agarkulturen aus einer verschiedenen Zahl von Eprouvetten, welche je ca. 200 bis 300 Kolonien enthielten, in 0,8 proz. Kochsalzlösung, ev. in zentrifugiertes vollkommen klares Bauchhöhlenexsudat eines anderen, bei der Suprainfektion akut gestorbenen Tieres aufgeschwemmt und zwei- oder mehrmal nach verschiedenen Intervallen meist intraperitoneal, einigemal subkutan eingespritzt, worauf ich im Protokolle und Tabellen genau hinweisen werde. Da die Zahl und die Gröfse der Kolonien in jeden Eprouvettenkulturen untereinander verschieden waren, wurde die ganze Aufschwemmung des Pilzes bei der Ausführung gleichzeitiger Infektion an mehreren Tieren zuerst in eine grofse Eprouvette gesammelt, dann möglichst gleichmäfsig verteilt und die entsprechende Menge injiziert. Bei Versuchen mit zentrifugiertem Exsudate wurden die Kulturen von gleichem Alter und von

schätzungsweise gleicher Menge für Versuchstiere und Kontrolltiere ausgewählt und in den entsprechenden Flüssigkeiten aufgeschwemmt. Die Mycelienmenge in der Suspension einer Eprouvette war nicht besonders grofs, da der Pilz, wie bekannt, sehr langsam wächst und dem Nährsubstrate fest anhaftet, weshalb immer ein Teil der Kulturmassen darauf zurückblieb.

Was die Morphologie des Pilzes anbelangt, so habe ich nichts besonders Neues hinzuzufügen. Der Pilz bildete auf dem gewöhnlichen Nähragar erst 2—3 Tage nach der Abimpfung kleine, punktförmige, opak aussehende Kolonien, welche in weiteren 2—5 Tagen die Gröfse eines Stecknadelkopfes oder einer Linse erreichten. Die ausgewachsenen Kolonien waren etwas über die Oberfläche des Substrates hervorragend, vielfach gefaltet und niemals konfluierend. Ihre Farbe war grauweifslich trüb und leicht bräunlich nüanciert. Ihre Ränder waren mit wenigen leichten Einkerbungen versehen und zeigten öfters, besonders bei den gröfseren Kolonien, Bildung eines schmalen Saumes, welcher über das Niveau der anderen Anteile der Kolonien leicht erhaben aussah. Wenn die Kolonien äufserst spärlich auf Agar sich entwickelten (1 oder 2 Kolonien in einer Eprouvette), so bildeten sie bei längerer Züchtung bei 37° gröfsere, oft ca. 1 cm im Durchmesser haltende, unregelmäfsig rundliche Krusten, welche immer die eben beschriebene Beschaffenheit beibehielten. Mehrere Tage nach der Impfung trieben die Kolonien büschelförmige Fortsätze aus, welche zuerst vom Zentrum und dann von verschiedenen Stellen der Kolonien in die Tiefe des Nährbodens ausstrahlten. Mikroskopisch stellten die Kolonien in Abstreif- und Schnittpräparaten (Agarkultur) sich als Gewirre von Ketten kurzer Stäbchen dar, welche entweder in Karbolfuchsin mit kurzer Entfärbung in 5proz. H_2SO_4 oder nach der Gramschen Methode sich tief tingieren liefsen und mehrere Tage nach der Abimpfung zum Teile etwas involviert erschienen. Niemals zeigten sich weder in Abstreif- noch in Schnittpräparaten Keulenbildungen. Das Kulturverfahren im Exsudate bei der Suprainfektion akut gestorbener Tiere soll nachher mitgeteilt werden.

Verschiedene Zeit nach der Injektion der Pilzaufschwemmung wurde die Peritonealflüssigkeit der infizierten Meerschweinchen mittels Kapillare entnommen und unter dem Mikroskope genau untersucht. Zur Färbung des Exsudates benutzte ich vorwiegend Karbolfuchsin — 5proz. H_2SO_4 — Methylenblau und seltener die Gramsche Methode. Bei der Sektion der Tiere wurden Abstreifpräparate vom Exsudate und Gewebssafte verschiedener Organe angefertigt, welche ebenfalls meist in Karbolfuchsin — 5proz. H_2SO_4 — Methylenblau gefärbt und untersucht wurden. Auch wurden mehrere Kulturen von verschiedenen Gewebssäften auf Agar angelegt und die daraus hervorgehenden Kulturen für den Zweck der weiteren Impfversuche angewendet. Die Organe und Gewebsstückchen wurden sofort nach der Sektion in 10proz. Formollösung eingelegt, nach 12—24 Stunden, ev. nach einigen Tagen in fliefsendem Wasser ausgewaschen, dann sorgfältig in Alkohol allmählich steigenden Prozentgehaltes nachgehärtet, hierauf in Zelloidin eingebettet und mikrotomiert. Die Färbung der Schnittpräparate geschah vor allem mit Hämatoxylin-Eosin. Für die Darstellung der Mycelfäden führte ich die Gramsche Methode aus. Speziell die Bildung von Keulen zu untersuchen, wurde die Schlegelsche Methode[1]) angewendet, welche beim Vorkommen dieser Formationen immer sehr vortreffliche Bilder darbot.

Eigene Versuche.

Um die Orientierung in den zahlreichen Versuchen zu erleichtern, sind die wichtigeren Resultate in Tabellenform zusammengestellt worden, wobei die Tabellen nach der Dauer der Zwischenzeit der Infektion geordnet sind.

(Tabelle I s. S. 224—232.)

Wie aus der Tafel zu ersehen ist, ist der verwendete Aktinomycespilz überhaupt nicht imstande, ein normales Meerschweinchen durch einmalige Infektion allein zu töten. Selbst bei Einspritzung ganz enormer, aus künstlichen Kulturen gewonnener

(Fortsetzung des Textes S. 233.)

1) Handbuch der pathogenen Mikroorganismen, 1903, Bd. II, S. 869.

Tabelle I.

(Tiere, welche Aufschwemmung des Pilzes in 0,8 proz. Kochsalzlösung intraperitoneal erhalten.)

Nr der Tiere	Erstinfektion	Intervalle zwischen Erst- und Zweitinfektion	Zweitinfektion	Intervalle zwischen Zweit- und Drittinfektion	Drittinfektion	Ausgang	Befund des Bauchhöhlenexsudats	Organbefund
22	2 Agarkulturen von Nr. 10 + 5 ccm Na Cl-Lös.	4 Tage	3 Agarkulturen von Nr. 10 u. 11 + 4,5 ccm Na Cl-Lös.	—	—	† nach 28 Std.	ca. 5,5 ccm, leicht blutig verfärbt, schwach trüb, weniger stark zäh. Mikroskopisch: mäfsige Anzahl von Leukocyten, sehr wenige davon zeigen Phagocytose. Fast keine freien Mycelien.	Zahlreiche reiskorngrofse, knötige Herde am Grofsnetz; zahlreiche mohnkorngrofse Knötchen und fibrinöse Auflagerung an den verschiedenen Stellen des Peritoneums; leichte Trübung des Leberparenchyms.
5	3 Agarkulturen von Nr. 1 + 6 ccm Na Cl Lös.	5 Tage	2 Agarkulturen von Nr. 2 + 4 ccm Na Cl-Lös.	—	—	† nach 10—21 Std. in der Nacht	ca. 5,5 ccm, leicht blutig verfärbt, schwach trüb, stark zäh. Mikroskopisch: ziemlich zahlreiche polyn. Leukocyten, wenige davon zeigen Phagocytose. Fast keine freien Mycelien.	Mehrere hanfkorn- bis bohnengrofse, nebeneinander konfluierte Knoten am Grofsnetz; einige miliare und zahlreiche mohnkorngrofse Knötchen und fibrinöse Auflagerung an den verschiedenen Stellen des Peritoneums, leichte Trübung des Leberparenchyms.
8	3 Agarkulturen von Nr. 1 + 4 ccm Na Cl-Lös.	5 Tage	3 Agarkulturen von Nr. 2 u. 3 + 5 ccm Na Cl-Lös.	—	—	† nach $57\frac{1}{2}$ Std.	ca. 3 ccm, leicht blutig verfärbt, schwach trüb, fadenziehend. Mikroskopisch: zieml. zahlreiche Leukocyten, wenige davon zeigen Phagocytose. Fast keine freien Mycelien.	Einige erbsengrofse und mehrere hanfkorngrofse Knoten am Grofsnetz; zahlreiche submiliare Knötchen und fibrinöse Auflagerung an den verschiedenen Stellen des Peritoneums; leichte Trübung des Leberparenchyms.

7	2 Agarkulturen von Nr. 2 + 4 ccm NaCl-Lös.	6 Tage	3 Agarkulturen von Nr. 2 u. 3 + 5 ccm NaCl-Lös.	—	—	† nach 6 Std.	ca. 5 ccm, leicht bräunlich, schwach trüb, weniger stark zäh. Mikroskopisch: spärliche Leukocyten, zum Teile davon zeigen Phagocytose. Sehr spärliche freie Mycelien.	Ein 1,7 : 1,4 : 0,7 cm grofser und ein 1,8 : 1,0 : 0,6 cm im Durchmesser messender Knoten am Grofsnetz, ein halberbsengrofses Knötchen am Peritoneum über der rechten Niere und ein ebensogrofses Knötchen im Douglasischen Raume; zahlreiche submiliare Knötchen und leicht fibrinöse Auflagerung an den verschiedenen Stellen des Peritoneums; ein reiskorngrofses Knötchen im Leberparenchym, leichte Trübung des Leberparenchyms.
11	3 Agarkulturen von Nr. 5 + 4,5 ccm NaCl-Lös.	6 Tage	3 Agarkulturen von Nr. 4 u. 8 + 5 ccm NaCl-Lös.	—	—	† nach 8 Std.	ca. 5 ccm, leicht blutig verfärbt, schwach trüb, weniger stark zäh. Mikroskopisch: geringe Anzahl von Leukocyten, wenige davon zeigen Phagocytose. Sehr spärliche freie Mycelien.	Mehrere bis erbsengrofse Knötchen am Grofsnetz; je ein über hanfkorngrofses Knötchen am Peritoneum des linken und des rechten Hyogastriums; zahlreiche submiliare Knötchen und leichte fibrinöse Auflagerung an den verschiedenen Stellen des Peritoneums; mehrere mohnkorngrofse Knötchen im Parenchym der beiden Nieren, leichte Trübung des Leberparenchyms.
38	3 Agarkulturen von Nr. 17, 25 u. 26 + 4 ccm NaCl-Lös.	6 Tage	3 Agarkulturen von Nr. 17 + 4,5 ccm NaCl-Lös.	—	—	† nach 8—22 Std. in der Nacht	ca. 4 ccm, leicht blutig verfärbt, schwach trüb, zäh. Mikroskopisch: Mäfsige Anzahl von Leukocyten, wenige davon zeigen Phagocytose. Sehr spärliche freie Mycelien.	Einige bis kleinhaselnufsgrofse Knötchen am Grofsnetz; zahlreiche submiliare und wenige gröfsere bis reiskorngrofse Knötchen und fibrinöse Auflagerung an den verschiedenen Stellen des Peritoneums; wenige submiliare Knötchen im Parenchym der beiden Nieren; parenchymatöse Degeneration der Leber, der Nieren und des Herzens.

Nr. der Tiere	Erst-infektion	Intervalle zwischen Erst- und Zweit-infektion	Zweit-infektion	Intervalle zwischen Zweit- und Dritt-infektion	Dritt-infektion	Ausgang	Befund des Bauchhöhlenexsudats	Organbefund
48	3 Agar-kulturen von Nr. 17 + 4,5 ccm Na Cl-Lös.	6 Tage	3 Agar-kulturen von Nr. 17 + 4,5 ccm Na Cl-Lös.	—	—	† nach 9–21 Std. in der Nacht.	ca. 7 ccm, leicht blutig verfärbt, schwach trüb, weniger stark zäh. Mikroskopisch: Mässige Anzahl von Leukocyten, wenige davon zeigen Phagocytose. Sehr spärliche freie Mycelien	Eine 3 cm im langen und 1 cm im queren Durchmesser haltende, bis erbsengrofse Knötchen enthaltende Tumormasse am Grofsnetz; zahlreiche mohnkerngrofse und einige gröfsere bis erbsengrofse Knötchen und fibrinöse Auflagerung an den verschiedenen Stellen des Peritoneums; ein hanfkorngrofses Knötchen im Leberparenchym, einige submiliare Eruptionen im Parenchym der beiden Nieren; parenchymatöse Degeneration der Leber, der Niere und des Herzens.
1	1 Original-agar-kultur + 4 ccm Na Cl-Lös.	7 Tage	2 Original-agar-kulturen + 4 ccm Na Cl-Lös.	—	—	† nach $23^1/_2$ Std.	ca. 9,5 ccm, leicht blutig verfärbt, schwach trüb, zäh. Mikroskopisch: sehr spärliche freie Mycelien und ziemlich zahlreich. Leucocyten, wenige davon zeigen Phagocytose.	Einige bis 1 cm im langen, 4 mm im queren Durchmesser haltende, aktinomykotische Knoten am Grofsnetz und Duodemum; zahlreiche bis mohnkorngrofse Knötchen und fibrinöse Auflagerung an den verschiedenen Stellen des Peritoneums; leichte parenchymatöse Degeneration der Leber.
10	3 Agar-kulturen von Nr. 2 u. 3 + 5 ccm Na Cl-Lös.	7 Tage	3 Agar-kulturen von Nr. 4 u. 8 + 5 ccm Na Cl-Lös.	—	—	† nach $5^1/_2$ Std.	ca. 6 ccm, leicht blutig verfärbt, schwach trüb, weniger stark zäh. Mikroskopisch: mässige Anzahl von Leukocyten, weniger als die Hälfte davon zeigen Phagocytose. Sehr spärliche freie Mycelien.	Einige erbsen- bis bohnengrofse und mehrere kleinere Knötchen am Grofsnetz; einige erbsengrofse und mehrere submiliare Knötchen und leichte fibrinöse Auflagerung an den verschiedenen Stellen des Peritoneums; zwei submiliare Knötchen im linken Nierenparenchym; leichte Trübung der Leber.

25	4 Agarkulturen von Nr. 11 u. 18 + 8,5 ccm Na Cl-Lös.	7 Tage	3 Agarkulturen von Nr. 18 + 4 ccm Na Cl-Lös.	—	—	† nach 16½ Std.	ca. 7 ccm, leicht blutig verfärbt, schwach trüb, zäh. Mikroskopisch: mäfsige Anzahl von Leukocyten, wenige davon zeigen Phagocytose. Fast keine freien Mycelien.	Mehrere bis erbsengrofse Knötchen am Grofsnetz, zahlreiche submiliare bis kleinerbsengrofse Eruptionen und fibrinöse Auflagerung an den verschiedenen Stellen des Peritoneums, geringe submiliare Knötchen im Parenchym der beiden Nieren, leichte Trübung des Leberparenchyms.
29	3 Agarkulturen von Nr. 17 + 4,5 ccm Na Cl-Lös.	7 Tage	3 Agarkulturen von Nr. 17 + 4,5 ccm Na Cl-Lös.	—	—	† nach 6 Std.	ca. 4,5 ccm, leicht blutig verfärbt, schwach trüb, weniger stark zäh, Mikroskopisch: geringe Anzahl v. Leukocyten, wenige davon zeigen Phagocytose. Spärliche freie Mycelien.	Mehrere bis erbsengrofse Knötchen am Grofsnetz, zahlreiche mohnkorngrofse und einige kleinerbsengrofse Eruptionen und fibrinöse Auflagerung an den verschiedenen Stellen des Peritoneums, geringe submiliare Knötchen im Parenchym der beiden Nieren, parenchymatöse Degeneration leichten Grades des Leber.
34	3 Agarkulturen von Nr. 17 + 4,5 ccm Na Cl-Lös.	7 Tage	3 Agarkulturen von Nr. 17 + 4,5 ccm Na Cl-Lös.	—	—	† nach 8—22 Std. in der Nacht.	ca. 3,5 ccm, leicht blutig verfärbt, schwach trüb, zäh. Mikroskopisch: mäfsige Anzahl v. Leukocyten, wenige davon zeigen Phagocytose; sehr spärliche freie Mycelien.	Ein ca. 3,5 cm im langen und 0,7 mm im queren Durchmesser haltender aktinomykotischer Knötchenhaufen am Grofsnetz; zahlreiche mohnkorngrofse und weniger gröfsere bis erbsengrofse Knötchen an den verschiedenen Stellen des Peritoneums; ein hanfkorngrofses Knötchen an der alten Punktionsstelle, parenchymatöse Degeneration leichten Grades der Leber, der Nieren und des Herzens.

Nr. der Tiere	Erst-infektion	Intervalle zwischen Erst- und Zweit-infektion	Zweit-infektion	Intervalle zwischen Zweit- und Dritt-infektion	Dritt-infektion	Ausgang	Befund des Bauchhöhlenexsudats	Organbefund
44	3 Agarkulturen von Nr. 17 + 4,5 ccm Na Cl-Lös.	7 Tage	3 Agarkulturen von Nr. 17 + 4,5 ccm Na Cl-Lös.	—	—	† nach $6^1/_2$ Std.	ca. 4,5 ccm, leicht blutig verfärbt, schwach trüb, weniger stark zäh. Mikroskopisch: mäfsige Anzahl v. Leukocyten, wenige davon zeigen Phagocytose. Fast keine freien Mycelien.	Ein kleinhaselnufsgrofses und mehrere kleinere Knötchen am Grofsnetz; zahlreiche submiliare und wenige grössere bis hanfkorngrofse Knötchen an den verschiedenen Stellen des Peritoneums, mehrere submiliare Knötchen im Parenchym der beiden Nieren, parenchymatöse Degeneration der Leber, der Nieren und des Herzens.
50	3 Agarkulturen von Nr. 17 + 4,5 ccm Na Cl-Lös.	7 Tage	3 Agarkulturen von Nr. 17 + 4,5 ccm Na Cl-Lös.	—	—	† nach $9^1/_2$—21 Std. in der Nacht.	4,5 ccm, leicht blutig verfärbt, schwach trüb, zäh. Mikroskopisch	Einige hanfkorn- bis bohnengrofse Knötchen am Grofsnetz; zahlreiche submiliare und miliare Knötchen und fibrinöse Auflagerung an verschiedenen Stellen des Peritoneums; parenchymatöse Degeneration leichten Grades der Leber.
53	3 Agarkulturen von Nr. 17 + 4,5 ccm Na Cl-Lös.	7 Tage	3 Agarkulturen von Nr. 17 + 4,5 ccm Na Cl-Lös.	—	—	† nach 10 Std. in der Nacht.	ca. 5 ccm, leicht blutig verfärbt, schwach trüb, etwas zäh. Mikroskopisch: mäfsige Anzahl von Leukocyten, wenige davon zeigen Phagocytose. Sehr spärliche Mycelien.	Mehrere bis erbsengrofse Knötchen am Grofsnetz; zahlreiche submiliare Knötchen und fibrinöse Auflagerung an verschiedenen Stellen des Peritoneums, parenchymatöse Degeneration leichten Grades der Leber.

56	3 Agarkulturen von Nr. 17 + 4,5 ccm Na Cl-Lös.	7 Tage	3 Agarkulturen von Nr. 17 + 6 ccm Na Cl-Lös.	—	—	† nach $7^1/_2$ Std.	ca. 7,5 ccm, leicht blutig verfärbt, sehr schwach trüb, weniger stark zäh. Mikroskopisch: mässige Anzahl von Leukocyten, wenige davon zeigen Phagocytose. Sehr spärliche freie Mycelien.	Einige bis erbsengroſse Knötchen am Groſsnetz; zahlreiche miliare Knötchen und fibrinöse Auflagerung an verschiedenen Stellen des Peritoneums; spärliche Knötchenbildungen in der linken Niere; ein miliumgroſses Knötchen am unteren Ende des rechten Hodens; parenchymatöse Degeneration leichten Grades der Leber und der Nieren.
60	3 Agarkulturen von Nr. 17 + 4,5 ccm Na Cl-Lös.	7 Tage	3 Agarkulturen von Nr. 17 + 4,5 ccm Na Cl-Lös.	—	—	† nach 21 Std.	ca. 9,5 ccm, mäſsig trüb, zäh. Mikroskopisch: ziemlich zahlreiche Leukocyten, wenige davon zeig. Phagocytose. Fast keine freien Mycelien.	Mehrere bis kleinbohnengroſse Knötchen am Groſsnetz; zahlreiche miliare Knötchen und fibrinöse Auflagerung an verschiedenen Stellen des Peritoneums; parenchymatöse Degeneration leichten Grades der Leber und der Nieren.
3	2 Original-agar-kulturen + 4 ccm Na Cl-Lös.	9 Tage	3 Original-agar-kulturen + 6 ccm Na Cl-Lös.	—	—	† nach 10—22 Std. in der Nacht.	ca. 6,5 ccm, leicht blutig verfärbt, schwach trüb, zäh. Mikroskopisch: mäſsige Anzahl von polyn. Leukocyten, wenige davon zeigen Phagocytose. Fast keine freien Mycelien.	Mehrere erbsengroſse Knoten am Groſsnetz, zahlreiche submiliare Knötchen und fibrinöse Auflagerung an den verschiedensten Stellen d. Peritoneums, leichte Trübung des Leberparenchyms.
21	3 Agarkulturen von Nr. 10 + 4 ccm Na Cl-Lös.	14 Tage	3 Agarkulturen von Nr. 18 + 4 ccm Na Cl-Lös.	16 Tage	3 Agarkulturen von Nr. 17 + 4,5 ccm Na Cl-Lös.	† nach 8—22 Std.	ca. 6,5 ccm, leicht blutig verfärbt, schwach trüb, weniger stark zäh. Mikroskopisch: geringe Anzahl v. Leukocyten, wenige davon zeigen Phagocytose. Fast keine freien Mycelien.	Mehrere bis kaffeebohnengroſse Knötchen am Groſsnetz; zahlreiche mohnkorngroſse Knötchen und fibrinöse Auflagerung an den verschiedenen Stellen des Peritoneums; je vier bis erbsengroſse, flach kuglig erhabene, grau durchscheinende Knötchen in der Pleura costalis der beiden Brusthöhlen; leichte Trübung des Leberparenchyms.

Nr. der Tiere	Erst-infektion	Intervalle zwischen Erst- und Zweit-infektion	Zweit-infektion	Intervalle zwischen Zweit- und Dritt-infektion	Dritt-infektion	Ausgang	Befund des Bauchhöhlenexsudats	Organbefund
30	3 Agarkulturen von Nr. 17 + 4,5 ccm Na Cl-Lös.	14 Tage	3 Agarkulturen von Nr. 17 + 4,5 ccm Na Cl-Lös.	—	—	† nach 8—22 Std.	ca. 6 ccm, leicht blutig verfärbt, schwach trüb, zäh. Mikroskopisch: geringe Anzahl v. Leukocyten, sehr wenige davon zeigen Phagocytos. Fast keine freien Mycelien.	Ein etwa 3 cm im langen und 8 mm im queren Durchmesser haltender Knötchenhaufen am Grofsnetz; zahlreiche mohnkorngrofse Eruptionen und fibrinöse Auflagerung an den verschiedenen Stellen des Peritoneums; parenchymatöse Degeneration leichten Grades der Leber.
41	3 Agarkulturen von Nr. 17 + 4,5 ccm Na Cl-Lös.	14 Tage	3 Agarkulturen von Nr. 17 + 4,5 ccm Na Cl-Lös.	—	—	† nach 25 Std.	ca. 2 ccm, ganz leicht blutig verfärbt, ziemlich stark trüb, stark zäh. Mikroskopisch: zahlreiche Leukocyten und mäfsige Anzahl von Makrophagen, wenige von beiden Zellarten zeigen Phagocytose. Sehr spärliche freie Mycelien.	Ein etwa 3 cm im langen und 5 mm im queren Durchmesser haltender Knötchenhaufen am Grofsnetz; zahlreiche mohnkorngrofse und wenige gröfsere bis erbsengrofse Knötchen an den verschiedenen Stellen des Peritoneums; wenige bis erbsengrofse, etwas platte Knötchen in der Pleura costalis der vorderen Brustwand; parenchymatöse Degeneration leichten Grades der Leber.
57	3 Agarkulturen von Nr. 17 + 12 ccm Na Cl-Lös.	14 Tage	3 Agarkulturen von Nr. 17 + 4,5 ccm Na Cl-Lös.	—	—	† nach 5½ Std. (vide Organbefund)	ca. 6,5 ccm, leicht blutig verfärbt, schwach trüb, weniger stark zäh. Mikroskopisch: geringe Anzahl v. Leukocyten, etwas weniger als die Hälfte davon zeigen Phagocytose. Sehr spärliche freie Mycelien.	Mehrere bis erbsengrofse Knötchen am Grofsnetz und an der Leberporta; zahlreiche submiliare Knötchen und fibrinöse Auflagerung an den verschiedenen Stellen des Peritoneums; multiple mohnkorn- bis hanfkorngrofse Knötchenbildung im Leberparenchym; parenchymatöse Degeneration leichten Grades der Leber.

31	3 Agarkulturen von Nr. 17 + 4,5 ccm Na Cl-Lös.	21 Tage	3 Agarkulturen von Nr. 17 + 4,5 ccm Na Cl Lös.	—	—	† nach 28 Std.	ca. 4,5 ccm, leicht blutig verfärbt, schwach trüb, zäh. Mikroskopisch: geringe Anzahl von Leukocyten, wenige davon zeigen Phagocytose. Fast keine freien Mycelien.	Ein etwa 3 cm im langen und 6 mm im queren Durchmesser messend. Knötchenhaufen am Grofsnetz; zahlreiche mohnkorngrofse und einige gröfsere bis erbsengrofse Knötchen und fibrinöse Auflagerung an den verschiedenen Stellen des Peritoneums; leichte parenchymatöse Degeneration der Leber.
35	3 Agarkulturen von Nr. 17 + 4,5 ccm Na Cl-Lös.	21 Tage	3 Agarkulturen von Nr. 17 + 4,5 ccm Na Cl-Lös.	—	—	† nach 33 Std. (sekundäre Infektion)	ca. 1,5 ccm, stark blutig verfärbt, trüb, zäh. Mikroskopisch: massenhafte Mikroorganismen verschiedener Art frei oder intracellural, sehr wenige Leukocyten enthalten Aktinomyces und wirken als Phagocyten.	Invagination und Periforation am unteren Teile des Colons; einige reiskorngrofse aktinomykotische Herde am Grofsnetz; zahlreiche submiliare Knötchen und fibrinöse Auflagerung an den verschiedenen Stellen des Peritoneums; parenchymatöse Degeneration der Leber, der Nieren und des Herzens.
47	3 Agarkulturen von Nr. 17 + 4,5 ccm Na Cl-Lös.	21 Tage	3 Agarkulturen von Nr. 17 + 4,5 ccm Na Cl-Lös.	—	—	† nach 9—21 Std. in der Nacht	ca. 10 ccm, sehr leicht blutig verfärbt, schwach trüb, stark zäh. Mikroskopisch: mäfsige Anzahl von Leukocyten, wenige davon zeigen Phagocytose. Fast keine freien Mycelien.	Einige kleinerbsengrofse Knötchen am Grofsnetz; zahlreiche submiliare und miliare Knötchen und fibrinöse Auflagerung an verschiedenen Stellen des Peritoneums.

Nr. der Tiere	Erst-infektion	Intervalle zwischen Erst- und Zweit-infektion	Zweit-infektion	Intervalle zwischen Zweit- und Dritt-infektion	Dritt-infektion	Ausgang	Befund des Bauchhöhlenexsudats	Organbefund
37	3 Agarkulturen von Nr. 17 + 4,5 ccm Na Cl-Lös.	30 Tage	3 Agarkulturen von Nr. 17 + 4,5 ccm Na Cl-Lös.	38 Tage	3 Agarkulturen von Nr. 17 + 4,5 ccm Na Cl-Lös.	verblutet 5 Tage nach der Drittinfektion	ca. 9 ccm, mäfsig stark blutig verfärbt, trüb, zäh. Mikroskopisch: zahlreiche Zellen, gröfstenteils kleine Lymphocyten, sonst Leukocyten und Makrophagen, sehr wenige von den beiden letzteren Zellarten zeigen Phagocytose. Keine freien Mycelien.	Mehrere bis kleinerbsengrofse und zahlreiche kleinere Knötchen in der Verwachsung an den verschiedensten Stellen des Peritoneums.
49	12 Agarkulturen von Nr. 17 + 4,5 ccm Na Cl-Lös.	38 Tage	3 Agarkulturen von Nr. 17 + 4,5 ccm Na Cl-Lös.	28 Tage (5 T. nach der Zweitinfektion 8 ccm Blutserum von Nr. 20 u. 37 ip.).	3 Agarkulturen von Nr. 17 + 4,5 ccm Na Cl-Lös.	getötet 3 Tage nach der Drittinfektion	—	Äufserst starke fibröse Verwachsung der Baucheingeweide untereinander und mit der Bauchwand; einige hanfkorngrofse Knötchen und einige zündhölzchendicke, kürzere fibröse Stränge an der Basis des Grofsnetzes; drei über erbsengrofse fibröse Knötchen an der vorderen Wand der linken Brusthöhle.
20	3 Agarkulturen von Nr. 10 + 4 ccm Na Cl-Lös	44 Tage	3 Agarkulturen von Nr. 17 + 4,5 ccm Na Cl-Lös.	47 Tage	3 Agarkulturen von Nr. 17 + 4,5 ccm Na Cl-Lös.	verblutet 5 Tage nach der Drittinfektion	ca. $^{1}/_{2}$ ccm, blutig verfärbt, trüb. Mikroskopisch: zahlreich. Zellen, gröfstenteils klein. Lymphocyten, sonst Leukocyten u. Makrophagen, sehr wenige von den beiden letzten Zellarten zeigen Phagocytose. Keine freien Mycelien.	Einige kleine, alte, narbig fibröse Stränge am Grofsnetz; zahlreiche entweder punktförmige oder bis supermiliare Knötchen an verschiedenen Stellen des Peritoneums; je ein bohnengrofser Knoten an beiden Hoden und einige kleinere Knötchen im Fettgewebe an den Hoden.

Mycelienmengen gelingt es nicht, den Tod herbeizuführen. Ein Versuchstier (Nr. 49), welches die Aufschwemmung von 12 Agarkulturen intraperitoneal erhalten hatte, lebte 38 Tage lang, ohne aufser einer Abmagerung im anfänglichen Stadium der Infektion besondere Erscheinungen zu zeigen. Nach dieser Zeit noch zweimal mit einer Aufschwemmung von 3 Kulturen intraperitoneal infiziert, überstand es auch diese Suprainfektionen und 3 Tage später wurde es getötet und untersucht (vgl. Tab. I). Wenn somit der Aktinomycespilz überhaupt Meerschweinchen zu töten imstande ist, so mufs sicher eine kolossal grofse Menge notwendig sein.

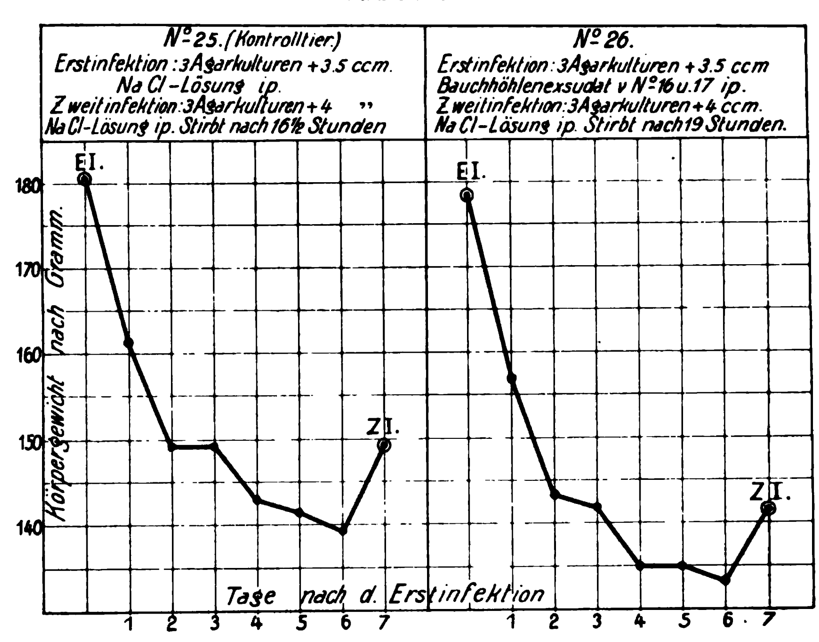
Bis zu einem gewissen Grade teilt der Aktinomycespilz diese Eigentümlichkeit mit dem Tuberkelbazillus, wie ja überhaupt die grofse Ähnlichkeit bei der in ihrem pathologisch-anatomischen Befunde als Erreger sehr ähnlicher Granulationsgeschwülste schon lange bekannt ist. Bail[1]) injizierte einst zwei Meerschweinchen je 800 mg Tuberkelbazillen innerhalb drei Tagen, wobei er den akuten Tod der Tiere nicht herbeiführen konnte.

Was das Verhalten injizierter Meerschweinchen betrifft, so zeigen die Tiere immer ein träges, krankhaftes Aussehen am ersten Versuchstage, welches gewöhnlich 4—5 Stunden nach der Einspritzung deutlicher in Erscheinung tritt. Bisweilen findet man daneben eine leichte symmetrische Lähmungserscheinung an den hinteren Beinen. Vom zweiten oder dritten Tage an erholen sich die Tiere fast ganz, fressen gut und sehen munter aus. Trotz diesem munteren Aussehen zeigen die Tiere eine typisch verlaufende Gewichtsabnahme, welche in der Regel innerhalb der ersten zwei Tage sehr rasch fortschreitet, kleinere Tagesschwankung zeigend, 2—6 Tage darnach andauert und dann entweder ziemlich plötzlich oder allmählich zur völligen Erholung übergeht. Natürlich kommen dabei verschiedene kleine Abweichungen von dieser Regel vor. In diesem Reaktionsstadium verlieren die Tiere ca. $^1/_4$—$^1/_6$ ihres Körpergewichts. Ausnahmsweise war bei einem Falle (Nr. 20) die Abmagerung nach der Impfung bis zum

1) Bail, Wien. klin. Wochenschr., 1904, Nr. 30.

20. Versuchstage zu verfolgen. Als Beispiel lasse ich hier eine Tafel der Körpergewichtskurve von zwei Tieren folgen, die für typisch angesehen werden kann.

Tabelle II.



Ob die Tiere nach einer einmaligen Infektion überhaupt sterben können, wurde nicht untersucht, da eine solche Bestimmung nicht den Hauptzweck der Untersuchung bildete. Tatsächlich ist ein Tier (Nr. 20) trotz dreimaliger Infektion 97 Tage nach der ersten Impfung am Leben geblieben, bis es schliefslich verblutet wurde. Nach M. Wolff[1]) starb ein Meerschweinchen 1½ Jahre nach der intraperitonealen Infektion von Aktinomycespilzen, wobei der Autor einen pflaumengrofsen aktinomykotischen Tumor im Leberparenchym feststellte.

Bei dieser verhältnismäfsig geringen Wirkung, die der Aktinomycespilz auf den Meerschweinchenorganismus ausübt, ist es nun eine sehr auffallende Erscheinung, dafs in einem ge-

1) M. Wolff, Verhandlungen d. Berlin. med. Gesellschaft, 1895.

wissen Stadium der ersten Infektion eine neuerliche Einspritzung einer Kulturmenge, die an sich von normalen Tieren leicht vertragen wird (Suprainfektion nach Deutsch)[1]), ausnahmslos rapiden Tod zur Folge hat (siehe Tab. I). Es ist im höchsten Grade überraschend zu sehen, wie Tiere, die sich nach der ersten Infektion ganz erholt haben, nach der zweiten in wenigen Stunden zugrunde gehen. Der ganze Körperzustand mufs durch die erste Einwirkung des Aktinomyces verändert worden sein, damit die zweite Einspritzung solche Folge haben kann. Es handelt sich offenbar um den gleichen äufserst labilen Zustand von Überempfindlichkeit, welchen Bail[2]) zum ersten Male bei den intraperitonealen Impfversuchen mit Tuberkelbazillen beobachtet hat, nachdem schon durch R. Koch das geänderte Verhalten eines tuberkulösen Tieres bei der zweiten subkutanen Infektion bekannt geworden und durch L. Deutsch genau studiert worden war. Seit der Publikation von Bail ist meines Wissens kein anderer Mikroorganismus entdeckt worden, den man in bezug auf die Überempfindlichkeit dem Tuberkelbazillus an die Seite stellen kann, wohl aber sind ähnliche Erscheinungen von Überempfindlichkeit nach Injektion körperfremder, gelöster und ungelöster Stoffe mehrfach erwähnt worden (v. Pirquet und Schick, Al. Wolff), worauf weiter unten noch einzugehen sein wird.

Der Unterschied gegen den Zustand der Tuberkuloseüberempfindlichkeit liegt aber — und das ist das Überraschende — darin, dafs es sich bei Tuberkulose um sichtlich kranke Tiere handelt, während bei Aktinomyces die Erstinfektion ein Weiterschreiten des krankhaften Prozesses nicht zur Folge hat und dennoch höchstgradige Empfindlichkeit verursacht.

Ein genaues Studium liefs in der Ausbildung der Überempfindlichkeit gewisse Gesetzmäfsigkeiten feststellen. Sie ist bei aktinomykotischen Tieren erfahrungsgemäfs 6 oder 7 Tage nach der Erstinfektion am stärksten ausgeprägt, bleibt dann 2 bis 3 Wochen lang bestehen, aber unter bedeutender Abschwächung und verschwindet erst nach einem Monate vollstän-

1) Deutsch, Wien. klin. Wochenschr., 1904.

2) Bail, l. c.

dig. In bezug auf die Dauer des überempfindlichen Stadiums weichen die aktinomykotischen Tiere von den tuberkulösen ab, da man bei diesen naturgemäfs ein Verschwinden der Überempfindlichkeit nicht nachweisen kann. Nach Bail sind zwei tuberkulöse Meerschweinchen noch 140 Tage nach der ersten Impfung typisch überempfindlich bei der Suprainfektion gestorben.

Die Entscheidung der Frage, ob zwischen der eingespritzten Mycelienmenge und der Stärke der Überempfindlichkeit irgendein unmittelbarer Zusammenhang besteht, wird der Gegenstand zukünftiger Untersuchungen sein. Jedenfalls hat ein Tier, welches als erste Infektion 12 Agarkulturen intraperitoneal erhalten hatte, die zweite (nach 38 Tagen) und dritte Suprainfektion (weiter nach 28 Tagen) überlebt.

Die Suprainfektion nach dem vollständigen Verschwinden der Überempfindlichkeit, nämlich einem Monate oder länger nach der vorangehenden Infektion, verläuft in jeder Beziehung ganz analog wie die Erstinfektion, d. h. die Tiere werden aufs neue in den äufserst labilen überempfindlichen Zustand versetzt, der im Verlaufe der Infektion wieder allmählich zurückgeht.

Sehr auffallend ist es, dafs die intraperitoneale Infektion nach einer vorangehenden subkutanen oder umgekehrt nach einer Woche, also jenem Zeitraum, in welchem die Überempfindlichkeit sonst am stärksten hervortritt, den akuten Tod herbeizuführen nicht imstande ist. (S. Tab. III.)

Überhaupt reagieren Meerschweinchen auf eine subkutane Infektion ganz anders als auf eine intraperitoneale. Die Tiere bleiben vollständig munter, fressen gut und zeigen gar keine krankhaften Symptome aufser einer Abszefsbildung an der Impfstelle, ja sie erleiden sogar fast keine Gewichtsabnahme, welche bei der intraperitonealen Infektion konstant und sehr deutlich in Erscheinung tritt. Als Reaktion auf die subkutane Infektion findet man blofs Schwellung und Rötung der Haut, welche anfangs viel mehr diffus auftreten und im Laufe der Zeit allmählich sich verkleinern und lokalisieren. Nach 3—4 Tagen fängt der gebildete Tumor gewöhnlich zu fluktuieren an und bricht

nach 5—6 Tagen von selbst nach aufsen durch, wobei er eine blafs gelbliche, talgartige Zerfallsmasse entleert, worauf bald durch Vernarbung Heilung eintritt. Der Inhalt dieser Abszefshöhle besteht hauptsächlich aus fettig degenerierten polynukleären Leukocyten, welche zum Teile Aktinomycespilze in ihrem Protoplasma enthalten und sich als Phagocyten auszeichnen. Nach der Vernarbung der Abszefshöhle findet man nur eine geringgradige Verdickung des Cutisbindegewebes, aber es bleibt gar keine Spur von Aktinomykosis zurück.

Das Fehlen des Überempfindlichkeitstodes bei intraperitonealer Zweitinfektion nach vorangegangener subkutaner Erstinfektion und umgekehrt ist ein so ausgesprochenes, dafs man diese beiden Impfversuche selbst an einem und demselben Tiere wiederholen kann (siehe Tab. III). Jedoch ist es bei diesen Wiederholungsversuchen notwendig, zwischen der ersten und der zweiten intraperitonealen Infektion wenigstens das Intervall von einem Monate verstreichen zu lassen, um den schädlichen Einflufs seitens der ersten Infektion zu vermeiden.[1]) Bei der intraperitonealen Infektion nach der subkutanen ist eine wesentliche Veränderung, wie z. B. die Zunahme der Schwellung, an der Impfstelle nicht nachgewiesen. Jedenfalls war aber in meinen Fällen der nach der subkutanen Impfung entstandene Abszefs schon nach aufsen durchgebrochen und hatte nur einen Fistelgang zurückgelassen, der eine schmierige Zerfallsmasse herausdrücken liefs.

Zufälligerweise wurde die Injektionsmasse bei drei Tieren, welche bei der Zweitinfektion nicht überempfindlich starben, nicht in die Bauchhöhle, sondern in das subperitoneale Zellgewebe eingespritzt, wie sich sowohl bei den Kapillarentnahmen als auch bei der Sektion der Tiere erkennen liefs. Auch diese mifslungenen Injektionen hatten, sowie eine subkutane Infektion, den überempfindlichen Tod nicht zur Folge.

1) Ein deutliches Zeichen dafür, dafs die Einverleibung der Pilze allein, auch wenn wir sie mehrfach ohne Schadenvertr agen würden, keine Spur einer Immunität einschliefst.

Tabelle III.

Nr. der Tiere	Erst-infektion	Intervalle zwisch. Erst- u. Zweitinfektion	Zweit-infektion	Intervalle zwisch. Zweit- u. Drittinfektion	Dritt-infektion	Intervalle zwisch. Dritt- u. Viertinfektion	Viert-infektion	Intervalle zwisch. Viert- u. Fünftinfektion	Fünft-infektion	Ausgang	Befund des Bauchhöhlenexsudats	Organbefund
45	3 Agarkulturen v. Nr. 17 + 2 ccm NaCl-Lös. subkutan (Kontrolltier Nr. 44, Tab. I).	7 T.	3 Agarkulturen v. Nr. 17 + 4,5 ccm NaCl-Lös. ip. (Kontrolltier Nr. 44, Tab. I).	21 T.	3 Agarkulturen v. Nr. 17 + 2 ccm NaCl-Lös. subkutan (Kontrolltier Nr. 50, Tab. I).	7 T.	3 Agarkulturen v. Nr. 17 + 4,5 ccm NaCl-Lös. ip. (Kontrolltier Nr. 50, Tab. I).	7 T.	3 Agarkulturen v. Nr. 17 + 4,5 ccm NaCl-Lös. ip. (Kontrolltier Nr. 53, Tab. I; Zweitinfektion).	† nach 10—21 Stdn. in der Nacht.	8 ccm, schwach trüb, etwas zäh. Mikroskop.: Mäfsige Anzahl v. Leukocyten, wenige davon zeigen Phagocytose; fast keine freien Mycelien.	Mehrere bis kleinerbsengrofse Knötchen an der Verwachsungszone an verschiedenen Stellen d. Peritoneums; zahlreiche submiliare Knötchen und fibrinöse Auflagerung an der Oberfläche des nicht adhärierenden Peritoneums; ein fibröses Knötchen a. d. rechten vorderen Brustwand; parenchymatöse Degeneration leicht. Grades der Leber, der Nieren und des Herzens.
46	3 Agarkulturen v. Nr. 17 + 4,5 ccm NaCl-Lös. ip. (Kontrolltier wie bei Nr. 45.	7 T.	3 Agarkulturen v. Nr. 17 + 2 ccm NaCl-Lös. subkutan (Kontrolltier wie bei Nr. 45).	21 T.	3 Agarkulturen v. Nr. 17 + 4,5 ccm NaCl-Lös. ip. (Kontrolltier wie bei Nr. 45).	7 T.	3 Agarkulturen v. Nr. 17 + 4,5 ccm NaCl-Lös. subkutan (Kontrolltier wie bei Nr. 45).	7 T.	3 Agarkulturen v. Nr. 17 + 4,5 ccm NaCl-Lös. ip. (Kontrolltier wie bei Nr. 45).	† nach 10—21 Stdn. in der Nacht.	7,5 ccm, schwach trüb, etwas zäh. Mikroskop.: Mäfsige Anzahl v. Leukocyten, wenige davon zeigen Phagocytose; fast keine freien Mycelien.	Mehrere bis hanfkorngrofse, teils fibröse Knötchen in der Verwachsungszone an verschiedenen Stellen des Peritoneums, parenchymatöse Degeneration leichten Grades der Leber und der Nieren.

Von üblen Zufällen bei diesen Versuchen sind nur zwei zu verzeichnen. Ein Tier (Nr. 12) zeigte einen Prolapsus recti nach der Erstinfektion und ging daran zugrunde, bei einem anderen Tiere (Nr. 35) trat eine Invagination und Perforation am unteren Teile des Dickdarms nach der Suprainfektion ein, welche höchstwahrscheinlich durch den atonischen Zustand der Darmwand infolge der Infektion bedingt war.

Durch Kapillarentnahmen aus der Bauchhöhle infizierter Meerschweinchen liefs sich folgendes feststellen:

Als die Folge der Injektion der Aufschwemmung tritt nach kurzer Zeit eine akute Exsudation, welche vorwiegend durch starke Vermehrung von polynukleären Leukocyten ausgezeichnet ist, in die Bauchhöhle ein, wie dies bekanntlich nach Einspritzung der Aufschwemmung verschiedener Mikroorganismen oder steriler Flüssigkeiten der Fall ist. Nie fehlen Makrophagen und kleine Lymphocyten bei der reaktiven Zellenvermehrung, aber sie treten an Zahl gegenüber den Mikrophagen sehr stark zurück. Ferner läfst sich immer eine wechselnde Anzahl von abgestofsenen Bauchendothelien nachweisen.

Bei der zweiten intraperitonealen Infektion treten einige Abweichungen von dem Befunde bei der ersten auf.

Bei der Erstinfektion sind die Leukocyten in den ersten zwei Stunden meist nur spärlich zu finden und nehmen nur ganz allmählich zu. Nach vier Stunden zeigen sie aber in der Regel eine ziemlich plötzliche Vermehrung, welche immer weiter geht und schliefslich nach 8—10 Stunden so hochgradig wird, dafs das Exsudat sowohl makroskopisch als auch mikroskopisch fast das Aussehen eines dünnflüssigen Eiters bekommt. Die Vermehrung der Leukocyten geschieht immer nach dieser Regel und es scheint, dafs sie gar nicht von der Menge der einverleibten Mycelien abhängt; d. h. die absolute Zahl der anwesenden Leukocyten ist ungefähr dieselbe, sowohl bei einem Tiere, das eine kleine Mycelienmenge, als auch bei einem solchen, welches eine grofse Menge von Kulturen erhielt.

Tabelle

Nr.	Erst-infektion	Inter-valle	Zweit-infektion	Inter-valle	Dritt-infektion	Inter-valle	Viert-infektion
2	3 Original-kulturen + 4 ccm Na Cl-Lös.	7 T.	2 Original-kulturen + 4 ccm Na Cl-Lös.	3 T.	2 Original-kulturen + 4 ccm Na Cl-Lös.	5 T.	2 Original-kulturen + 4,5 ccm Na Cl-Lös.
4	2 Original-kulturen + 9 ccm »Exsudat« v. Nr. 1	9 T.	3 Original-kulturen + 6 ccm Na Cl-Lös.	8 T.	3 Agar-kulturen v. Nr. 1 + 4 ccm Na Cl-Lös.	5 T.	3 Agar-kulturen v. Nr. 2 u. 3 + 5 ccm Na Cl-Lös.
16	3 Agar-kulturen v. Nr. 5 u. 7 + 4 ccm Na Cl-Lös.	6 T.	2 Agar-kulturen v. Nr. 10 + 4 ccm Na Cl-Lös.	6 T.	3 Agar-kulturen v. Nr. 10 u. 11 + 4,5 ccm Na Cl-Lös.	—	—
17	3 Agar-kulturen v. Nr. 5 u. 7 + 4 ccm Na Cl-Lös.	6 T.	2 Agar-kulturen v. Nr. 10 + 4 ccm Na Cl-Lös.	6 T.	3 Agar-kulturen v. Nr. 10 u. 11 + 4,5 ccm Na Cl-Lös.	—	—

Als Beispiele seien die Tabellen V, VI und VII (S. 242/43) über die Resultate von Kapillarentnahmen ausgeführt.

Das Exsudat bei der Entnahme, 24—48 Stunden nach der Einspritzung, ist sehr zellenreich und sieht ebenfalls eiterig aus, aber es läfst sich dadurch charakterisieren, dafs ihm ziemlich zahlreiche Makrophagen, welche im früheren Stadium so wenig in Erscheinung treten, beigemengt sind. In diesem Stadium sehen die Mikro- und Makrophagen mehr oder weniger stark aufgequollen und verwaschen aus. Nicht selten findet man

IV.

Ausgang	Exsudatbefund	Organbefund	Bemerkung
† 5—16 Std.	ca. 12 ccm, leicht blutig, schwach trüb, zäh. Mikroskopisch: Mäfsige Anzahl v. Leukocyten, geringe Anzahl davon zeigen Phagocytose. Keine freien Mycelien zu sehen.	Aktinomykose am Grofsnetz und Peritoneum; ein submiliares metastatisches Knötchen in der rechten Niere; akute u. subakute Peritonitis; parenchymatöse Degeneration leichten Grades. Ein 1,2 ccm grofser Knoten an der r. Iliacalgegend.	Die Aufschwemmung für die Zweitinfektion wurde in das subperiton. Zellgewebe in der r. Iliacalgegend injiziert.
† 7 Std.	ca. 5 ccm, leicht blutig, schwach trüb, zäh. Mikroskopisch: Mäfsige Anzahl v. Leukocyten, wenige davon zeigen Phagocytose. Sehr spärliche freie Mycelien.	Aktinomykose am Grofsnetz u. Peritoneum; akute und subakte Peritonitis; parenchymatöse Degeneration leichten Grades. Ein 2,2 : 2 : 1,1 cm grofser Knoten an der r. Iliacaldrüse.	Die Aufschwemmung für die Zweitinfektion wurde in d. Zellgewebe an der r. Iliacalgegend eingespritzt.
† 10—22 Std.	ca. 7,5 ccm, leicht blutig, schwach trüb, zäh. Mikroskopisch: Mäfsige Anzahl v. Leukocyten, wenige davon zeigen Phagocytose. Keine freien Mycelien.	Aktinomykose am Grofsnetz u. Peritoneum; akute und subakute Peritonitis; eine d. aktinomykotischen Knötchenbildung entsprechende Verwachsung des Peritoneums mit dem Darme.	Die Aufschwemmung für Erstinfektion grofsenteils in die vordere Bauchwand injiziert.
† 5 1/2 Std.	ca. 25 ccm, leicht blutig, schwach trüb, zäh. Mikroskopisch: Mäfsige Anzahl v. Leukocyten, wenige davon zeigen Phagocytose. Freie Mycelien sehr spärlich.	Aktinomykose am Grofsnetz u. Peritoneum; akute und subakute Peritonitis; ein 2,5 : 1,5 : 0,7 cm grofser Käseherd im Zellgewebe an der vorderen Bauchwand.	Die Aufschwemmung für Erstinfektion fast ganz in das Zellgewebe der vorderen Bauchwand injiziert.

Makrophagen, welche die zerfallenen Mikrophagen in ihr Protoplasma aufnehmen (Cytophagocytose). Nach 72 Stunden ist das Exsudat noch sehr zellenreich und sieht typisch eiterig aus, aber es enthält bei der mikroskopischen Untersuchung Mikro- und Makrophagen augenscheinlich etwas weniger als früher, während kleine mononukleäre Lymphocyten zugenommen haben. Dieser Befund beweist, dafs der Entzündungsprozefs, der durch die Einspritzung der Mycelien verursacht wird, allmählich in das subakute Stadium übergeht.

Tabelle V.

Beobachtungszeit nach:	Nr. 20 3 Agarkulturen + 4 ccm NaCl-Lös. ip. (Erstinfektion.)	Nr. 21 3 Agarkulturen + 4 ccm NaCl-Lös. ip. (Erstinfekt.).
1 Std.	Ganz spärliche Leukocyten, z. T. beginnende Phagocytose zeigend. Massenhafte freie Mycelien.	wie beim Tiere Nr. 20
2 Std.	Spärliche Leukocyten, z. T. Phagocytose zeigend, wenige davon von Mycelien erfüllt. Sehr zahlreiche freie Mycelien.	wie beim Tiere Nr. 20
4 Std.	Mäfsige Anzahl von Leukocyten, fast alle davon zeigen Phagocytose. Freie Mycelien scheinen etwas abgenommen zu haben.	wie beim Tiere Nr. 20
6 Std.	Die Zahl der Zellen gegen früher stark vermehrt, fast alle zeigen Phagocytose. Freie Mycelien etwas vermindert.	wie beim Tiere Nr. 20.

Tabelle VI.

Beobachtungszeit nach	Nr. 29 3 Agarkulturen + 4,5 ccm NaCl-Lös. ip. (Erstinfektion.)	Nr. 30 3 Agarkulturen + 4,5 ccm NaCl-Lös. ip. (Erstinfektion.)	Nr. 31 3 Agarkulturen + 4,5 ccm NaCl-Lös. ip. (Erstinfektion.)
1 Std.	Sehr spärliche Leukocyten und kleine Lymphocyten. Die anwesenden Leukocyten zeigen z. T. beginnende Phagocytose. Freie Mycelien massenhaft.	wie beim Tiere Nr. 29	wie beim Tiere Nr. 29.
2 Std.	Geringe Anzahl von Leukocyten, fast alle davon zeigen Phagocytose. Freie Mycelien massenhaft.	wie beim Tiere Nr 29	wie beim Tiere Nr. 29.
4 Std.	Mäfsige Anzahl von Leukocyten, von denen die meisten Phagocytose zeigen. Freie Mycelien bedeutend vermindert.	wie beim Tiere Nr. 29	wie beim Tiere Nr. 29.
6 Std.	Die Leukocyten haben etwas zugenommen, ungefähr die Hälfte davon zeigt Phagocytose. Freie Mycelien spärlich.	Die Zahl der Leukocyten wie beim Tiere Nr. 29, etwas mehr als die Hälfte davon zeigt Phagocytose. Freie Mycelien spärlich.	wie beim Tiere Nr. 29.

Tabelle VII.

Beobachtungszeit nach	Nr. 48 (Kontrolltier) 3 Agarkulturen + 4,5 ccm Na Cl-Lös. ip. (Erstinfektion).	Nr. 49 12 Agarkulturen + 4,5 ccm Na Cl-Lös. ip. (Erstinfektion.)
1 Std.	Sehr spärliche Leukocyten, welche z. T. Phagocytose zeigen. Freie Mycelien massenhaft.	Sehr spärliche Leukocyten, welche z. T. Phagocytose zeigen. Kolossale Menge von freien Mycelien.
2 Std.	Leukocyten haben etwas zugenommen, z. T. zeigen sie Phagocytose. Freie Mycelien massenhaft.	Die Zahl der Leukocyten wie beim Kontrolltiere. Freie Mycelien äufserst zahlreich.
4 Std.	Mäfsige Anzahl von Leukocyten und spärliche Makrophagen; fast alle zeigen Phagocytose. Freie Mycelien spärlich.	Die Zahl der Leukocyten wie beim Kontrolltiere, fast alle zeigen Phagocytose. Freie Mycelien noch sehr zahlreich, aber etwas vermindert.
6 Std.	Leukocyten haben weiter zugenommen, ungefähr $^{2}/_{3}$ davon zeigen Phagocytose. Freie Mycelien äufserst spärlich.	Die Zahl der Leukocyten wie beim Kontrolltiere, fast alle zeigen Phagocytose. Freie Mycelien noch zahlreich.

Der Befund des Exsudates bei den Suprainfektionen ist je nach der Länge des Zeitraumes zwischen Erst- und Zweitinfektion sehr variabel. Im allgemeinen treten die Mikrophagen bei den Suprainfektionen viel rascher als bei den Erstinfektionen in die Bauchhöhlenflüssigkeit über, wobei sie sich sehr bald vermehren, so dafs das Exsudat kurze Zeit nach der Injektion eine eiterige Beschaffenheit bekommt. Je länger das Intervall dauert, desto langsamer vermehren sie sich. Schliefslich bei der Infektion nach einer sehr langen Zwischenzeit verhält sich die Leukocytenreaktion ganz analog wie bei der Erstinfektion (siehe nebenstehende Tab. VIII).

Sehr gewöhnlich beobachtet man bei der Suprainfektion eine entweder ziemlich plötzlich eintretende oder allmählich fortschreitende Verminderung oder ein Stationärbleiben der Leukocytenzahl. Eine derartige Verhinderung der Leukocytenvermehrung bedeutet immer einen raschen Eintritt der drohenden Todesgefahr. Solange die Leukocyten im Exsudate an Zahl zunehmen, gehen die Tiere nie innerhalb kurzer Zeit zugrunde.

Tabelle

Beobachtungszeit nach:	Nr. 47 (Kontrolltier). 3 Agarkulturen + 4,5 ccm Na Cl-Lös. ip. (Erstinfektion).	Nr. 44. 3 Agarkulturen + 4,5 ccm Na Cl-Lös. ip. (Zweitinfektion nach 1 Woche).
1 Std.	Sehr spärliche Leukocyten und kleine Lymphocyten. Die anwesenden Leukocyten zeigen zum Teil Phagocytose. Freie Mycelien massenhaft.	Die Zahl der Leukocyten ist bedeutend gröfser als beim Kontrolltiere; die anwesenden Leukocyten zeigen zum Teil Phagocytose. Massenhafte freie Mycelien.
2 Std.	Leukocyten haben wenig zugenommen; eine grofse Anzahl derselben zeigt Phagocytose. Freie Mycelien massenhaft.	Mäfsige Anzahl von Leukocyten (sehr vermehrt) und spärliche Makrophagen; fast alle Exemplare der beiden Zellarten zeigen Phagocytose. Freie Mycelien etwas vermindert.
4 Std.	Mäfsige Anzahl von Leukocyten und spärliche Makrophagen; fast alle der beiden Zellarten zeigen Phagocytose. Freie Mycelien spärlich.	Sehr zahlreiche Leukocyten und spärliche Makrophagen; ungefähr $^2/_3$ davon zeigen Phagocytose. Freie Mycelien sehr spärlich.
6 Std.	Zahlreiche Leukocyten und spärliche Makrophagen; ungefähr $^1/_3$ davon zeigen Phagocytose. Fast keine freien Mycelien.	Die Zahl der Leukocyten ist bedeutend vermindert, etwas weniger als beim Kontrolltiere; nur eine kleine Anzahl derselben zeigt Phagocytose. Fast keine freien Mycelien.
8 Std.	Die Zahl der Leukocyten hat neuerlich etwas zugenommen; ungefähr $^1/_6$ davon zeigen Phagocytose. Fast keine freien Mycelien.	—
Ausgang	Lebt.	† $6^1/_2$ Stunden nach der Injektion.

VIII.

Nr. 41. 3 Agarkulturen + 4,5 ccm Na Cl-Lös. ip. (Zweitinfektion nach 2 Wochen).	Nr. 35. 3 Agarkulturen + 4,5 ccm Na Cl-Lös. ip. (Zweitinfektion nach 3 Wochen.)	Nr. 20. 3 Agarkulturen + 4,5 ccm Na Cl-Lös. ip. (Zweitinfektion nach 44 Tagen).
Die Zahl der Leukocyten ist etwas geringer als beim Tiere Nr. 44, sonst wie bei diesem.	Wie beim Tiere Nr. 41.	Wie beim Kontrolltiere.
Wie beim Tiere Nr. 44.	Die Zahl der Leukocyten etwas vermehrt, aber bedeutend weniger als beim Tiere Nr. 44 und Nr. 41; fast alle anwesenden Leukocyten zeigen Phagocytose. Freie Mycelien ziemlich zahlreich.	Wie beim Kontrolltiere.
Die Zahl der Leukocyten ist etwas geringer als beim Tiere Nr. 44; sonst wie bei diesem Tiere.	Wie beim Tiere Nr. 41.	Die Zahl der Leukocyten um ein geringes größer als beim Kontrolltiere; die Mehrzahl davon zeigt Phagocytose. Freie Mycelien spärlich.
Die Zahl der Leukocyten fast wie vorher; wenige davon zeigen Phagocytose. Fast keine freien Mycelien.	Die Zahl der Leukocyten ist nur etwas vermehrt; eine kleine Anzahl derselben zeigt Phagocytose. Fast keine freien Mycelien.	Fast gleich wie beim Kontrolltiere.
Die Zahl der Leukocyten scheint etwas zugenommen zu haben; sonst wie vorher.	Befund wie vorher.	Befund wie beim Kontrolltiere.
† 25 Stunden nach der Injektion.	† 33 Stunden nach der Injektion (Invagination und Perforation am unteren Teile des Dickdarmes).	Lebt.

An diesem Befunde kann man vorher den etwaigen Zeitpunkt des Todeseintrittes mit ziemlicher Sicherheit erkennen. Ob diese Verhinderung der Leukocytenvermehrung im Laufe der Suprainfektion nur auf die mangelhafte Exsudation, welche infolge des erschöpften Lebensvorganges in Erscheinung tritt, oder auf die Einwirkung eines Stoffes, wie des Aggressins, welches die Vermehrung der Leukocyten abzuhalten imstande ist, zurückgeführt werden muſs, wird vorläufig nicht entschieden. Die Untersuchung der Bauchhöhlenflüssigkeit bei der sofort nach dem Tode ausgeführten Sektion überempfindlich gestorbener Versuchstiere ergibt sehr oft eine mehr oder weniger deutlich hervortretende weitere Verminderung der Leukocytenzahl, als bei der Entnahme im agonalen Zustande. Dieser Befund ist bestimmt der fortschreitenden Leukocytenverminderung zuzurechnen und von der durch das Absetzen verursachten scheinbaren Abnahme streng zu unterscheiden (siehe Tab. VIII u. IX).

Was das Schicksal der in die Peritonealhöhle eingeführten Mycelien anbelangt, so handelt es sich um folgendes: Der zu den Versuchen verwendete Pilz tritt in der injizierten Aufschwemmung vorwiegend in Form vereinzelter kurzer Stäbchen auf, welche etwas plumper als Tuberkelbazillen aussehen. Nicht selten stellen diese Stäbchen mehr oder weniger lange, teils einfache, teils dentritisch verzweigte Ketten dar. Niemals in der Aufschwemmung sind die Mycelien als längere, verzweigte und wenig septierte Fäden zu sehen, welche bald nachher zur Sprache kommen sollen. Das genauere Studium der weiteren Formveränderung der Pilze im Tierkörper ist nur bei der ersten Infektion möglich, da bei einer zweiten Einspritzung der Tod so rasch eintritt. Nach dem Befunde der Kapillarentnahme zu schlieſsen, ist kein wesentlicher Unterschied im Verhalten der Mycelien in der freien Bauchhöhle zwischen den beiden Infektionen zu erkennen.

Bei der ersten Infektion werden die Pilze so rasch und vollständig von polynukleären Leukocyten aufgenommen, daſs man kaum ein anderes ähnliches Beispiel einer so hochgradigen Phagocytose finden kann; ähnlich ist es auch bei der zweiten Infektion.

Tabelle IX.

Beobachtungszeit nach:	Nr. 10 (Kontrolltier) 3 Agarkulturen + 5 ccm Na Cl-Lösung ip. (Erstinfektion).	Nr. 7 3 Agarkulturen + 5 ccm Na Cl-Lösung ip. (Zweitinfektion n. 5 Tagen.)	Nr. 8 3 Agarkulturen + 5 ccm Na Cl-Lösung ip. (Zweitinfektion n. 6 Tagen.)
$^1/_4$ Std.	Einige kleine Lymphocyten und massenhafte freie Mycelien.	Sehr spärliche Leukocyten und kl. Lymphocyten; die anwesenden Leukocyten zeigen beginnende Phagocytose. Freie Mycelien massenhaft.	Wie beim Tiere Nr. 7.
$^1/_2$ Std.	Einige Phagocytose zeigende Leukocyt. neben sehr spärlichen kleinen Lymphocyt. Freie Mycelien massenhaft.	Befund wie bei der ersten Entnahme.	Befund wie bei der ersten Entnahme.
1 Std.	Spärliche Leukocyten, welch. z. T. Phagocytose zeigen. Freie Mycelien massenhaft.	Leukocyten bedeutend mehr als beim Kontrolltiere; fast alle davon zeig. Phagocytose. Freie Mycelien massenhaft.	Befund wie beim Tiere Nr. 7.
2 Std.	Die Leukocyten haben nur etwas zugenomm.; fast alle davon zeigen Phagocytose. Freie Mycelien etw. vermindert.	Mäfsige Anzahl v. Leukocyten; weniger als die Hälfte davon zeigt Phagocytose. Freie Mycelien sehr vermindert.	Befund wie beim Tiere Nr. 7.
4 Std.	Mäfsige Anzahl v. Leukocyten, aber fast alle davon zeigen Phagocytose. Freie Mycelien sehr spärlich.	Die Zahl der Leukocyt. ist bedeutend vermindert, sehr wenige davon zeig. Phagocytose. Fast keine freien Mycelien.	Die Zahl der Leukocyten fast wie vorher. Sehr wenige davon zeig. Phagocytose. Freie Mycelien sehr spärlich.
6 Std.	Mäfsige Anzahl v. Leukocyten, etwas mehr als die Hälfte davon zeigt Phagocytose. Freie Mycelien sehr spärlich.	—	Die Zahl der Leukocyten fast wie vorher. Sehr spärliche davon zeig. Phagocytose. Freie Mycelien sehr spärlich.
8 Std.	Zahlreiche Leukocyten, ungefähr $^1/_4$ davon zeig. Phagocytose. Fast keine freien Mycelien.	—	Die Zahl der Leukocyten ist etwas vermehrt, aber auffallend weniger als beim Kontrolltiere; sehr spärliche davon zeigen Phagocytose. Fast keine freien Mycelien.
Ausgang →	Bleibt am Leben.	† 6 Stunden nach der Injektion.	† 57 $^1/_2$ Stunden nach der Injektion.

Nur der Tuberkelbazillus steht in bezug auf Phagocytose durch Meerschweinchenleukocyten dem Aktinomycespilze nahe. Die beginnende Phagocytose ist in vielen Fällen schon bei der sofort nach der Einspritzung ausgeführten Kapillarentnahme nachzuweisen. Makrophagen erscheinen in der Regel etwas später wie erwähnt und in bedeutend geringerer Zahl als die Mikrophagen, nehmen aber ebenfalls an der Phagocytose teil. Das schönste Bild der Phagocytose bei der ersten Infektion ist erfahrungsgemäfs 4 Stunden nach der Einspritzung zu sehen (siehe Fig. 2 Taf. I), da in diesem Stadium die Zellen noch nicht allzu reichlich vorhanden sind und fast sämtlich Pilze enthalten. Die Zahl der Mycelien in den einzelnen Phagocyten ist natürlich äufserst schwankend, gar nicht selten, ja sogar schon bei der Entnahme, welche sofort nach der Injektion ausgeführt ist, sind die anwesenden Leukocyten so voll von Pilzen, dafs ihre Kerne durch die Überladung auseinandergesprengt erscheinen. Später als nach 4 Stunden nehmen die Mikro- und Makrophagen immer zu, aber die absolute Zahl der Phagocyten nimmt umgekehrt der Zunahme der zelligen Elemente proportional allmählich ab. Daraus kann man den Schlufs ableiten, dafs die Phagocyten nicht lange frei in der Bauchhöhlenflüssigkeit zu bleiben imstande sind, sondern sich bald am Peritoneum, und zwar am stärksten im Grofsnetze anhäufen, wie dies auch der Sektionsbefund überempfindlich gestorbener Tiere tatsächlich nachweist. Infolge der äufserst starken Phagocytose finden sich freie Mycelien, welche anfangs so massenhaft die Peritonealflüssigkeit erfüllen, schon nach 6—8 Stunden nur noch spärlich oder fast gar nicht mehr vor.

Bei der zweiten Infektion verschwinden die freien Pilze noch rascher als bei der ersten, vermutlich deshalb, weil Mikrophagen zu Beginn der zweiten Infektion reichlicher als bei der ersten Impfung eintreten und dabei ebenso starke Phagocytose zeigen.

Aber man darf dabei nicht vergessen, dafs die Beseitigung der freien Pilze aus der Bauchhöhlenflüssigkeit nicht nur durch die Phagocytose und den Transport seitens der Mikro- und

Makrophagen, sondern auch zum Teile auf direktem Wege stattfindet. Die Untersuchung der Auflagerung in der Bauchhöhle gestorbener oder getöteter Tiere erweist konstant neben der starken Phagocytose das Vorhandensein einer verschiedenen Anzahl freier Mycelien. Ausnahmsweise bei der Einspritzung von enorm grofsen Mycelienmengen sind stärkste Phagocytose und das Zurückbleiben zahlreicher freier Mycelien im freien Exsudate nebeneinander noch in der 6. Stunde deutlich zu erkennen (siehe Tab. VII). Ein weiteres Auswachsen und regressive Metamorphose der Pilze sind in den ersten 6—8 Stunden der Infektion weder bei der Einspritzung der Pilze mit physiologischer Kochsalzlösung, noch bei der Injektion mit dem zentrifugierten Exsudate nachzuweisen.

Erst eine 24—48 Stunden nach der Impfung ausgeführte mikroskopische Untersuchung des Peritonealexsudates erweist höchst interessante Erscheinungen seitens der Mycelien, nämlich die intrazelluläre, regressive Formveränderung in den Makrophagen und daneben mannigfaltige Bilder des Auswachsens der Pilze aus den beschädigten Phagocyten. In diesem späteren Stadium der Infektion findet man sehr oft in den Makrophagen, die entweder ganz intakt oder etwas stärker aufgequollen und verwaschen aussehen, Gebilde, welche sich in Karbolfuchsin-Methylenblau nicht hellrot, sondern schmutzig violett tingieren lassen und als unscharf konturierte, schwach lichtbrechende, grobe Granula erscheinen. Diese Granula sind nicht anders wie als halbverdaute, hochgradig veränderte Pilze zu deuten und dürften der Körnchenbildung der Choleravibrionen in den Mikrophagen zu vergleichen sein. Nicht selten finden sich diese Granula und anscheinend nur wenig oder gar nicht veränderte Pilze zugleich in einem und demselben Makrophagen; dann ist der direkte Zusammenhang zwischen den beiden Zuständen deutlich zu erkennen, indem die Pilze sich allmählich schlechter färben lassen und schliefslich zu den beschriebenen Körnchen zerfallen. Solche Granulabildungen in Makrophagen sind auch bei der Untersuchung der Auflagerungen am Peritoneum überempfindlich gestorbener Tiere öfters zu finden. In Mikrophagen sind

dagegen solche Körnchenbildungen, wie überhaupt regressive Formveränderungen der Pilze, die auf intrazelluläre Verdauung zurückzuführen wären, niemals zu konstatieren. Aus diesem Grunde scheint es vollkommen berechtigt, die wichtige Entdeckung Metschnikoffs, dafs die Makrophagen die hauptsächlichen Frefszellen für Tuberkelbazillen sind, auch für Aktinomycespilze als geltend anzunehmen. Als Ursache des langen Intaktbleibens der Pilze in Mikrophagen kann wohl das Vorhandensein einer Fetthülle, ähnlich wie bei Tuberkelbazillen, angesehen werden, welche den intrazellulären Resorptionsvorgängen einen äufserst starken Widerstand entgegensetzt. Dagegen mufs man bei den Makrophagen annehmen, dafs sie irgendein besonderes, sehr wirksames Ferment produzieren, welches trotz des Widerstandes der Fetthülle die Pilze in eine leicht assimilierbare Form umzuwandeln befähigt ist. Wenn auch eine Vernichtung der Pilze seitens der Mikrophagen bei sehr lange dauernder zellulärer Einwirkung denkbar wäre, so sind Bilder, welche diese Annahme bestätigen könnten, niemals nachgewiesen worden. Die Phagocytose seitens der im Exsudate frei suspendierenden Mikrophagen läfst sich, obwohl die Zahl der Phagocyten von Zeit zu Zeit immer weniger in Erscheinung tritt, noch 24—48 Stunden, ja sogar 72 Stunden nach der Infektion, vielleicht noch später bei der Kapillarentnahme konstatieren, wobei aber die phagocytierten Pilze anscheinend gar nicht beschädigt sind. Bei einer eine Woche nach der Erstinfektion ausgeführten Einspritzung von Kochsalz- oder Aleuronatlösung oder zentrifugiertem Exsudate sind weder freie Mycelien, noch Phagocyten mehr zu sehen.

Die Annahme, dafs die Mikrophagen für die Vernichtung der Pilze keine grofse Rolle spielen, wird wieder durch andere Befunde bestätigt, nämlich durch die regressive Metamorphose der Phagocyten (Mikrophagen) selbst und das Auswachsen der Mycelien aus diesen degenerierten Phagocyten, welches mit der Zeit immer auffallender in Erscheinung tritt. Eine Aufquellung der Phagocyten, welche als beginnende Entartung aufzufassen ist, ist bisweilen schon 6—8 Stunden nach der Infektion zu

sehen. Nach 24—72 Stunden ist jedoch die Beschädigung der Phagocyten sehr deutlich ausgesprochen, indem ihr Protoplasma entweder stark aufgequollen oder fast ganz zerflossen ist und ihre Kerne in einige unregelmäfsig gestaltete voluminöse Klumpen umgewandelt sind, welche sich durch Methylenblau nur schwach tingieren lassen und oft Vakuolenbildung zeigen. Alle Übergangsformen von intakten bis zu stark beschädigten Phagocyten sind dabei nachzuweisen. Öfters findet man unter diesen zerfallenen Phagocyten solche Makrophagen, welche beschädigte Phagocyten (Mikrophagen) in sich aufnehmen und den Eindruck erwecken, als ob sie die zerfallende Zelle samt den Pilzen zu assimilieren im Begriffe ständen (Taf. IV, Fig. 1).

Aber die Pilze erweisen sich nicht blofs gegen die vitale Funktion der Mikrophagen widerstandsfähig, sondern überwinden die Zellen direkt, indem sie aus dem phagocytierten Zustande heraus auswachsen. Solche im Auswachsen begriffenen Mycelien sind als typisch dentritische, bald etwas spitzwinklig, bald rechtwinklig verzweigte Fäden zu finden, welche nur an wenigen Stellen ihres Verlaufes septiert sind und oft eine beträchtliche Länge erreichen. Sie sind bald einfach und an allen Gliedern zusammenhängend, so dafs sie zweifellos aus einem Keime ausgewachsen erscheinen (Taf. IV, Fig. 2), bald vielmehr kompliziert und aus mehreren voneinander getrennten Gliedern zusammengesetzt, so dafs man dabei mehrere Keimzentren annehmen mufs (Taf. IV, Fig. 3). Immer findet man in ihrem Wachstumszentrum je eine mehr oder weniger stark beschädigte Zelle, welche den oben erwähnten degenerierten Mikrophagen entspricht. Dieses beständige Vorkommen von zerfallenen Mikrophagen im Wachstumszentrum bietet einen sicheren Beweis für die Abstammung der Mycelien dar, dafs sie aus den ursprünglich einmal phagocytierten, nicht aus den im Exsudate frei suspendierten Keimen hervorgegangen sind. Sehr selten finden sich Mycelieugruppen, bei welchen zahlreiche ziemlich lange Mycelfäden, welche stellenweise Seitenäste austreiben, von einer entarteten Zelle nach allen Richtungen hin ausstrahlen, so dafs man bei der Untersuchung sofort an das Bild einer kleinen Druse im aktinomykotischen Gewebe erinnert

wird (Taf. IV, Fig. 4). Als einen merkwürdigen Befund findet man öfters eine leichte, knopf- oder keulenförmige Anschwellung am Ende der Mycelfäden. Die bisher beschriebenen verschiedenen Formen des Auswachsens aus Phagocyten, die für den Zweck der Demonstration der Pilze äufserst schönes Material geben, sind ganz leicht künstlich herzustellen, wenn man das Exsudat eines überempfindlich gestorbenen Tieres, besser den zentrifugierten Absatz desselben einige Tage lang im Brütofen oder bei Zimmertemperatur stehen läfst.

Sobald die Pilze etwas weiter ausgewachsen sind, so wird der Kampf zwischen ihnen und den Zellen aufs neue aufgenommen, indem die Mycelien wieder der Phagocytose von Zellen unterliegen. Öfters 24—48 Stunden nach der Infektion findet man ausgewachsene Mycelien, welche stellenweise in ihrem Verlaufe von Mikro- und Makrophagen eingeschlossen werden (Taf. IV, Fig. 5 u. 6). Die Makrophagen lassen dabei ihr Protoplasma enorm lang ausströmen, um eine längere Strecke der Pilze in sich einzukapseln (Fig. 6). Nicht selten hat man ferner Gelegenheit, Pilze zu sehen, bei welchen die einzelnen Mycelfäden meist ziemlich lang entwickelt und offenbar schon lange im Wachstum begriffen sind und dabei von zahlreichen Mikrophagen und wenigen Makrophagen, die zum Angriff gegen die Mycelien gemeinschaftlich konfluiert erscheinen, eingeschlossen werden (Taf. VI, Fig. 1, Taf. V, Fig. 3). Dieser Befund entspricht vollkommen den bekannten Bildern bei experimentellen Impfversuchen mit Milzbrandbazillen.[1]) Nach 72 Stunden sind die gut ausgewachsenen Mycelien schon von Zellen fortgeschafft und gewöhnlich nicht mehr frei im Peritonealexsudate zu erkennen.

Nach dem eben beschriebenen Befunde der Pilze ist es zweifellos, dafs die erste Anlage der Drusenformation, die im Kapitel der histologischen Untersuchung genauer beschrieben werden soll, nicht nur in loco, sondern auch zum Teile schon frühzeitig frei in der Bauchhöhlenflüssigkeit stattfindet.

Was nun die Bedeutung der Phagocytose betrifft, so ist es nach den zahlreichen Arbeiten Metschnikoffs und seiner

1) Vgl. Metschnikoff.

Schule nicht mehr zu bestreiten, dafs das rasche Auftreten und die Phagocytose der Leukocyten bei der Infektion das hauptsächlichste Verteidigungsmittel des Organismus gegen Mikroorganismen ist. Und auch wenn gewisse Leukocyten, wie die Mikrophagen im vorliegenden Falle, die Pilze nicht gänzlich zu vernichten befähigt erscheinen, so ist doch sofort einzusehen, dafs sie durch ihre Phagocytose gewissermafsen die schädlichen Einflüsse der Pilze auf den Gesamtorganismus mildern müssen und das freie Auswachsen im Tierkörper mindestens verzögern. Die Richtigkeit dieser Annahme wird einerseits durch die Befunde an Exsudaten, welche man für den Zweck des Studiums der Morphologie der Pilze mehrere Tage lang im Brutschrank stehen läfst, und anderseits durch die histologische Untersuchung der aktinomykotischen Herde am Peritoneum bestätigt. Das Exsudat an sich stellt aufserhalb des Tierkörpers ein sehr gutes Kulturmaterial vor, ebenso der zentrifugierte Absatz desselben. Denn wie bereits erwähnt, findet man bei längerer Aufbewahrung desselben stets eine Anzahl üppig auswachsender Mycelien. Daneben kommen aber stets gequollene bis zerfallende Mikrophagen vor, welche während des Lebens des Tieres als Phagocyten für Pilzmengen gewirkt haben, die aber ohne eine sichtliche Beschädigung zu zeigen (schlechte Färbung, Granulabildung) doch nicht mehr auswachsen. Ebensolche, durch Mikrophagen aufgenommene, anscheinend normal aussehende, aber nicht mehr weiterwachsende Aktinomycesmassen kommen reichlich in den typischen aktinomykotischen Herden vor, die man insbesondere am Peritoneum und am Netze findet. Wie später genauer zu beschreiben sein wird, bildet das Zentrum dieser in der Regel eine Drusenform des Pilzes, welche von Leukocyten umlagert und nach aufsen von lebhaft wucherndem Granulationsgewebe abgekapselt wird. Solche Herde lassen sich bestimmt von blofsen knotigen Leukocytenanhäufungen, die ebenfalls vorkommen, unterscheiden. Bisweilen findet sich sogar als Zentrum echter aktinomykotischer Herde keine Drusenbildung, welche doch auf ein Wachstum der Pilze hindeutet, sondern die Knoten bestehen im Innern nur aus Phagocyten in verschiedenen

Stadien des Zerfalles, deren Aktinomycesinhalt aber nicht gewuchert ist.

Zur Erklärung solcher Bilder bleibt nur die Annahme einer Wachstumsbehinderung der Mycelien durch die Leukocytenphagocytose übrig. Die Entscheidung der Frage, ob solche lange phagocytierte, aber sichtbar nicht beschädigte Mycelien überhaupt noch lebensfähig sind oder ob dieselben definitiv zugrunde gehen, ist nicht so leicht, da es kaum möglich ist, solche Phagocyten allein entweder aus dem Exsudate oder den aktynomykotischen Herden des Tierkörpers aufzufangen und auf geeignete Nährböden zu verpflanzen. Wahrscheinlich ist, dafs unter günstigen Bedingungen und bei genügend langer Beobachtung auch solche phagocytierte Pilze noch auswachsen können, da man bei längerer Aufbewahrung des Exsudates ältere und ganz junge Stadien auswachsender Mycelien nebeneinander finden kann.

Wenn tatsächlich die Annahme der Wachstumsbehinderung der Mycelien durch die Phagocytose seitens der Leukocyten Berechtigung hat, wie es mindestens wahrscheinlich ist, so entsteht sofort die Frage, ob die stärkere Leukocytenreaktion in der ersten Stunde nach der Suprainfektion eine Steigerung der Verteidigungskraft des Tierkörpers gegen den Mikroorganismus bedeutet, wie dies bei der Aggressinimmunität immer der Fall ist, oder ob die Ursache auf andere Momente zurückzuführen ist. Diese Frage läfst sich durch folgenden Befund sehr leicht beantworten. Die rasche Vermehrung der Leukocytenzahl tritt bei der Suprainfektion nach kürzeren Intervallen am deutlichsten hervor und wird um so weniger auffällig, je länger die Zwischenzeit zwischen erster und zweiter Impfung genommen wird. Ja bei der zweiten Infektion, die einen Monat oder 44 Tage nach der ersten erfolgt, ist ein Unterschied gegen das normale Kontrolltier nicht mehr festzustellen.

Es wäre ein ganz ohne Analogie dastehender Fall eines raschen Entstehens und eines noch schnelleren Verschwindens eines Immunzustandes. Gerade die Aggressinimmunität, für welche ein beschleunigtes Auftreten von Hyperleukocytose so überaus charakteristisch ist, tritt erst spät auf, verschwindet aber

dann überaus langsam. Aber auch jede andere, z. B. eine bakteriolytische Immunität, die wie im vorliegenden Falle aktiv sein müfste, verschwindet nicht so rasch, erreicht vielmehr erfahrungsgemäfs ihren Höhepunkt erst zu einer Zeit, wo die Überempfindlichkeit gegen Aktinomykose bereits im Schwinden begriffen ist. Es wird auf diese Verhältnisse noch später eingegangen werden, da dafür auch die subkutane Injektion der Kultur noch berücksichtigt werden mufs.

Die Ursache der anfänglichen erhöhten Leukocytenvermehrung bei der Suprainfektion beruht ohne Zweifel auf einem anderen Momente, nämlich auf der lokalen Hyperleukocytose, welche als eine Teilerscheinung der durch die erste Einführung der Aufschwemmung des Pilzes bedingten akuten Peritonitis zur Zeit der zweiten Einspritzung noch besteht. Selbstverständlich sind die peritonitischen Erscheinungen kürzere Zeit nach der Infektion im akuten Stadium, wobei die Bauchhöhlenflüssigkeit von vornherein mehr zellige Elemente enthält als gewöhnlich und das Peritoneum von den zahlreichen Leukocyten infiltriert ist, die infolge eines geringeren Reizes sehr leicht frei in die Bauchhöhle einzuwandern befähigt sind. Es sind offenbar die gleichen oder mindestens analoge Verhältnisse, wie sie bei Erzielung einer nicht spezifischen Resistenz gegen verschiedene akute intraperitoneale Infektionen, durch Einspritzung von Bazillen, Aleuronat u. dgl. hergestellt werden, wo ebenfalls eine starke Hyperleukocytose am deutlichsten in Erscheinung tritt und nach ca. 2 Wochen mit Verschwinden der Resistenz ebenfalls ausbleibt. Wenn die Peritonitis lange bestanden hat, so geht sie allmählich in das chronische Stadium über, wobei die Leukocyten zum Teile zugrunde gehen, zum Teile sich von den Infiltrationsherden entfernen. Die Differenz des Befundes der Leukocytenreaktion nach verschiedenen Intervallen ist nur durch die Verschiedenheit des Verlaufes der Peritonitis zu erklären und enthält kein für die aktinomykotische Infektion spezifisches Merkmal.

Für die nicht spezifische Resistenz ist der vorübergehende Schutz gegen eine intraperitoneale Infektion (Cholera oder Typhus) charakteristisch, der aller Wahrscheinlichkeit nach auf der Hyper-

leukocytose beruht. Wenn für Aktinomyces nichts davon zu sehen ist, im Gegenteil die zweite Infektion trotz Hyperleukocytose und Phagocytose akut tödlich wird, so liegt die Vermutung nahe, dafs die Leukocyten, welche bei der Vernichtung des Erregers von verschiedenen akuten Infektionskrankheiten, der Cholera z. B., eine so grofse Rolle spielen, im Kampfe gegen den Aktinomyces nicht viel auszurichten vermögen. Wie bereits oben näher ausgeführt wurde, scheint es, als ob sie hauptsächlich als Transporteure des Pilzes dienten, welche die einzelnen Mycelien vor ihrem weiteren Auswachsen und ihrer schädlichen Einwirkung möglichst rasch aufnehmen, eine, gewisse Zeit lang in sich festhalten und schliefslich in den Bereich der Makrophagen, des Hauptverteidigers gegen den Pilz, bringen, die bald nach der Infektion in einer starken Proliferation begriffen sind.

Und hier kommt nun ein anderes Moment als für die Suprainfektion überaus wichtig in Betracht, nämlich dafs die Leukocytenzahl in der Bauchhöhle nur kurze Zeit auf ihrer Höhe bleibt, dann aber absinkt und frühzeitig damit die Symptome schwerer Krankheit auftreten. Bei der ersten Infektion nimmt ihre Zahl unter Auftreten der Makrophagen beständig zu, bei der zweiten fehlt dem Organismus die Fähigkeit, diese Steigerung neuerlich herbeizuführen. Das ist allem Anscheine nach der entscheidende Punkt.

Lähmung der Leukocytose (hier vermutlich als besonders wichtig: Fernhaltung der Makrophagen) ist aber ein Kennzeichen des Zustandes, den man dauernd oder für einige Zeit durch gleichzeitige Einführung eines Mikroorganismus mit der zugehörigen aggressiven Flüssigkeit herbeiführen kann, und es lag nahe, auch bei der aktinomykotischen Suprainfektion eine solche in Wirksamkeit zu vermuten.

Es wurden daher Versuche angestellt, das durch sorgfältiges Zentrifugieren von Mycelien und Zellen befreite, vollkommen klare Bauchhöhlenexsudat überempfindlich gestorbener Tiere als Aufschwemmungsflüssigkeit für die erste Infektion zu benutzen. Enthielt dieses genügend wirksames Aggressin, so konnte ein akuter Tod durch einmalige Infektion allein zustande kommen. Derartige Versuche zeigt die folgende Tabelle.

Tabelle X.

Nr.	Erst-infektion	Inter-valle	Zweit-infektion	Ausgang	Exsudatbefund	Organbefund
23 (Kontrolltier: 22 Tab. I)	2 Agarkulturen + 5 ccm Exsudat von Nr. 18.	4 T.	3 Agarkulturen + 4,5 ccm NaCl	† $19^1/_2$ St.	5 ccm leicht blutig, schwach, trüb, zäh. Mikr.: Mäfsige Anzahl v. Leukoc., geringe Anzahl davon zeigen Phagocytose. Fast keine freien Mycelien.	Aktinomykose am Grofsnetz und Peritoneum; akute und subakute Peritonitis; parenchymatöse Degeneration leichten Grades.
6 (Kt.: 5)	3 Agarkulturen + 6 ccm Exsudat von Nr. 3.	5 T.	3 Agarkulturen + 4 ccm NaCl-Lösung.	† $47^1/_2$ St.	2,5 ccm, leicht blutig, schwach, trüb, stark zäh. Mikr.: Zahlreiche Leukoc., wenige davon zeigen Phagocytose. Keine freien Mycelien.	Aktinomykose am Grofsnetz und Peritoneum; akute und subakute Peritonitis; parenchymatöse Degeneration leichten Grades.
18 (Kt.: 17)	3 Agarkulturen + 5 ccm Exsudat von Nr. 10.	6 T.	2 Agarkulturen + 4 ccm NaCl-Lösung.	† $26^1/_2$ bis $27^1/_2$ St.	8 ccm, leicht blutig, schwach, trüb, stark, zäh. Mikr.: Zahlreiche Leukoc., geringe Anzahl davon zeigen Phagocytose. Keine freien Mycelien.	Aktinomykose am Grofsnetz und Peritoneum; akute und subakute Peritonitis; parenchymatöse Degeneration leichten Grades.
40 (Kt.: 38)	3 Agarkulturen + 3,5 ccm Exsudat v. Nr. 29.	6 T.	3 Agarkulturen + 4,5 ccm NaCl-Lösung.	† 8—22 St.	2,0 ccm, leicht, blutig, mäfsig stark, trüb, zäh. Mikr.: Mäfsige Anzahl von Leukoc., wenige davon zeigen Phagocytose. Keine freien Mycelien.	Aktinomykose am Grofsnetz und Peritoneum; geringe Anzahl von submiliaren metastatischen Knötchen in den Nieren; akute und subakute Peritonitis; parenchymat. Degeneration leichten Grades.

Fortsetzung der Tabelle X.

Nr.	Erst-infektion	Inter-vallen	Zweit-infektion	Ausgang	Exsudatbefund	Organbefund
26 (Kontroll-tier: 25)	4 Agarkulturen + 3,5 ccm Exsudat von Nr. 16 und 17.	7 T.	3 Agarkulturen + 4,0 ccm NaCl-Lösung.	† 19 St.	7,5 ccm, leicht blutig, schwach, trüb, zäh. Mikr.: Mäfsige Anzahl von Leukocyten, geringe Anzahl davon zeigen Phagocytose. Keine freien Mycelien.	Aktinomykose am Grofsnetz und Peritoneum; geringe Anzahl von submiliaren Knötchen in den Nieren; ein Hanfkorn grofses Knötchen an der Punktionsstelle; akute u. subakute Peritonitis; parenchymatöse Degen. leicht. Grades.
32 (Kt.: 29)	3 Agarkulturen + 4,5 ccm Exsudat v. Nr. 25.	7 T.	3 Agarkulturen + 4,5 ccm NaCl-Lösung.	† 5½ St.	5,5 ccm, leicht blutig, schwach, trüb, zäh. Mikr.: spärliche z. T. Phagocytose zeigende Leukocyten. Freie Mycelien ziemlich zahlreich.	Aktinomykose am Grofsnetz und Peritoneum; geringe Anzahl und submiliaren Knötchen in den Nieren; akute u. subakute Peritonitis; parenchymat. Degen. leicht. Grades.
33 (Kt.: 29)	3 Agarkulturen + 4,5 ccm Exsudat v. Nr. 26.	7 T.	3 Agarkulturen + 4,5 ccm NaCl-Lösung.	† 5½ St.	5,0 ccm, leicht blutig, schwach, trüb, zäh. Mikr.: Geringe Anzahl von meist Phagocyt. zeig. Leukocyt. Fr. Myc. wenig zu finden.	Aktinomykose am Grofsnetz und Peritoneum; akute u. subakute Peritonitis; parenchymatöse Degen. leicht. Grades.
59 (Kt.: 58)	3 Agarkulturen + 11 ccm Exsudat von Nr. 51, 52 und 53.	14 T.	3 Agarkulturen + 4,5 ccm NaCl-Lösung.	† 5½ St.	3,5 ccm leicht blutig, schwach, trüb, zäh. Mikr.: Mäfsige Anzahl von Leukocyten. Geringe Anzahl davon zeigen Phagocytose.	Aktinomykose am Grofsnetz und Peritoneum; zahlreiche metastatische Herde im Leberparenchym.; akute und subakute Peritonitis; parenchym. Degeneration leichten Grades.
12 (Kt.: 11)	3 Agarkulturen + 4,5 ccm Exsudat v. Nr. 17.			† 3 T.	Einige Tropfen Exsudat.	Prolapsus recti. Beginnende Aktinomykose am Grofsnetz und Peritoneum.

Aus allen hierher gehörenden Versuchen geht deutlich hervor, dafs die gleichzeitige Injektion des Pilzes mit dem Exsudate aktinomykotisch überempfindlich gestorbener Tiere ca. 200 g schwere normale Meerschweinchen akut zu töten nicht imstande ist, während Bail[1]) bei der Einspritzung einer Mischung des Tuberkelbazillus und des Exsudates von tuberkulös überempfindlich gestorbenen Tieren den akuten Tod, den weder Tuberkelbazillen allein, noch das Exsudat für sich hervorbringen kann, binnen kurzer Zeit, oft in weniger als 24 Stunden, erzielen konnte.

Mittels der erwähnten Methode gewonnene Exsudate überempfindlich gestorbener Tiere enthalten somit weder ein wirksames Aggressin, wie Bail[2]), Weil[3]), Salus[4]), Kikuchi[5]) und Hoke[6]) solche im Exsudate von mit verschiedenen echten Parasiten und Halbparasiten infizierten, akut gestorbenen Tieren nachweisen konnten, noch eine mit homologen Mikroorganismen gemeinsam die Tiere binnen kurzer Zeit zu töten fähige Bakteriensubstanz, die Wassermann und Citron[7]) mit den genannten Aggressinen identifiziert hat. Ob deshalb ein Aggressin durchwegs bei der Infektion von Aktinomycespilzen keine Rolle spielt, ist aus diesem mifslungenen Nachweise noch nicht zu schliefsen und mufs noch zukünftigen Versuchen überlassen bleiben.

Auch in bezug auf die Vorgänge in der Bauchhöhle, nämlich die peritonitische Exsudation, die Phagocytose seitens der

---

1) Wien. klin. Wochenschr., 1904, Nr. 30.

2) Arch. f. Hyg., 1905, Bd. 52. Wien. klin. Wochenschr., 1905, Nr. 17, (Typhus und Cholera). Wien. klin. Wochenschr., 1904, Nr. 30, 1905, Nr. 9 u. 21. (Tuberkulose). Zentralbl. für Bakt., 1904, Bd. 36, Nr. 2. Bd. 17, Nr. 2 (Milzbrand).

3) Arch. f. Hyg., Bd. 52. Wien. klin. Wochenschr., 1905, Nr. 16 (Hühnercholera). Wien. klin. Wochenschr., 1905, Nr. 25 (Heubazillus).

4) Wien. klin. Wochenschr., 1905, Nr. 25. Arch. f. Hyg., 1906, Bd. 57 (Bact. coli).

5) Arch. f. Hyg., 1905, Bd. 52 u. 54. Berl. klin. Wochenschr. 1905, Nr. 15. Wien. klin. Wochenschr., 1905, Nr. 17 (Dysenterie).

6) Wien. klin. Wochenschr., 1905, Nr. 15 (Pneumokokken).

7) Dtsch. med. Wochenschr., 1905, Nr. 28.

Mikro- und Makrophagen, ferner in bezug auf die reaktive Körpergewichtsabnahme (siehe Tab. II), die Stärke der Überempfindlichkeit und schliefslich der Sektionsbefund bei einer Zweitinfektion stimmen die mit Exsudat infizierten Tiere mit den Kontrolltieren überein, bei denen Kochsalzlösung als Aufschwemmungsflüssigkeit angewendet wurde. Auch jene merkwürdige Verhinderung der Leukocytenvermehrung vor dem Eintritte in Agonie bei der Zweitinfektion war bei mehreren Versuchen konstatiert worden (siehe Tab. XI—XIII).

Tabelle XI.

Beobachtungszeit nach	Nr. 5 (Kontrolltier). 3 Kulturen + 6 ccm NaCl-Lös. ip. (Erstinfektion).	Nr. 6. 3 Kulturen + 6 ccm Exsudat (Nr. 3) ip. (Erstinfektion.)
Sofort n. d. Injekt.	Fast keine Zellen. Freie Mycelien massenhaft.	Wie beim Kontrolltier.
1/2 Std.	Sehr spärliche Leukocyten, fast alle davon zeigen Phagocytose. Freie Mycelien massenhaft.	Befund genau wie beim Kontrolltier.
1 Std.	Sehr spärliche Leukocyten, fast alle zeigen Phagocytose. Freie Mycelien sehr zahlreich.	Wie beim Kontrolltier.
2 Std.	Leukocyten spärlich, aber deutlich vermehrt, fast alle anwesenden Zellen zeigen Phagocytose. Freie Mycelien sehr zahlreich.	Wie beim Kontrolltier.
3 Std.	Leukocyten sehr vermehrt, fast alle davon zeigen Phagocytose. Sehr spärliche Makrophagen zu sehen, die auch Phagocytose zeigen. Freie Mycelien noch ziemlich zahlreich, aber deutlich vermindert.	Wie beim Kontrolltier.
5 1/2 Std.	Mäfsige Anzahl von Leukocyten und sehr spärliche Makrophagen. Fast alle davon zeigen Phagocytose. Freie Mycelien sehr spärlich.	Die Zahl der Leukocyten etwas weniger als beim Kontrolltiere, sonst wie bei diesem.
7 Std.	Zahlreiche Leukocyten und sehr spärliche Makrophagen, grofse Anzahl von beiden Zellarten zeigen Phagocytose. Freie Mycelien äufserst spärlich.	Die Zahl der Leukocyten etwas weniger als beim Kontrolltiere, sonst wie bei diesem.
Ausgang	Bleibt am Leben.	Bleibt am Leben.

Tabelle XII.

Beobachtungszeit nach	Nr. 29 (Kontrolltier). 3 Agarkulturen + 4,5 ccm NaCl-Lös. ip. (Erstinfektion.)	Nr. 32. 3 Agarkulturen + 4,5 ccm Exsudat (Nr. 25) ip. (Erstinfektion.)	Nr. 33. 3 Agarkulturen + 4,5 ccm Exsudat (Nr. 26) ip. (Erstinfektion).
1Std.	Sehr spärliche Leukocyten und kleine Lymphocyten. Die anwesenden Leukocyten zeigen z. T. Phagocytose. Freie Mycelien massenhaft.	Wie beim Kontrolltiere.	Wie beim Kontrolltiere.
2 Std.	Geringe Anzahl von Leukocyten, fast alle davon zeigen Phagocytose. Freie Mycelien massenhaft.	Wie beim Kontrolltiere.	Wie beim Kontrolltiere.
4 Std.	Mäſsige Anzahl von Leukocyten, fast alle zeigen Phagocytose. Freie Mycelien bedeutend vermindert.	Wie beim Kontrolltiere.	Wie beim Kontrolltiere.
6 Std.	Die Leukocyten haben etwas zugenommen, ungefähr die Hälfte davon zeigt Phagocytose. Freie Mycelien spärlich.	Wie beim Kontrolltiere.	Die Zahl der Leukocyten etwas mehr als beim Kontrolltiere, etwas weniger als die Hälfte davon zeigt Phagocytose. Freie Mycelien spärlich.
Ausgang	Bleibt am Leben.	Bleibt am Leben.	Bleibt am Leben.

Tabelle XIII.

Beobachtungszeit nach	Nr. 34 (Kontrolltier). 3 Agarkulturen + 4,5 ccm NaCl-Lös. ip. (Erstinfekt.)	Nr. 29. 3 Agarkulturen + 4,5 ccm NaCl-Lös. ip. (Zweitinfekt.)	Nr. 32. 3 Agarkulturen + 4,5 ccm NaCl-Lös. ip. (Zweitinfekt.)	Nr. 33. 3 Agarkulturen + 4,5 ccm NaCl-Lös. ip. (Zweitinfekt.)
1 Std.	Sehr spärliche Leukocyten und kleine Lymphocyten; die anwesenden Leukocyten zeigen z. T. beginnende Phagocytose. Freie Mycelien massenhaft.	Die Zahl der Leukocyten mehr als beim Kontrolltiere; fast alle Leukocyten zeigen Phagocytose. Freie Mycelien massenhaft.	Wie beim Tiere Nr. 29.	Die Zahl der Leukocyten etwas mehr als beim Tiere Nr. 29; sonst wie bei diesem Tiere.
3 Std.	Mäfsige Anzahl v. Leukocyten; fast alle davon zeigen Phagocytose. Freie Mycelien etw. vermindert.	Die Zahl der Leukocyten gegen vorher etwas vermindert. Fast alle anwesenden Leukocyten zeigen Phagocytose. Freie Mycelien sehr zahlreich.	Befund fast wie beim Kontrolltiere.	Befund wie beim Kontrolltiere.
4 Std.	Leukocyten haben etwas zugenommen; fast alle davon zeigen Phagocytose. Freie Mycelien etwas vermindert.	Spärliche Leukocyten; fast alle davon zeigen Phagocytose. Freie Mycelien zahlreich.	Die Zahl der Leukocyten weniger als beim Kontrolltiere; fast alle davon zeigen Phagocytose. Freie Mycelien zahlreich.	Die Zahl der Leukocyten wie beim Tiere Nr. 32; ungefähr die Hälfte davon zeigt Phagocytose. Freie Mycelien etwas weniger als beim Kontrolltiere.
Ausgang →	Bleibt am Leben.	† 6 Stunden nach der Injektion.	† $5^1/_2$ Stunden nach der Injektion.	† $5^1/_2$ Stunden nach der Injektion.

Weiter wurde ein Versuch zum Zwecke ausgeführt, die Wirkung vom Exsudate überempfindlich gestorbener Tiere auf überempfindliche Versuchstiere zu studieren. Für diesen Versuch wurde Exsudat benutzt, welches von Meerschweinchen stammte, die durch intraperitoneale Injektion von 3 Agarkulturen vorbehandelt und der gleichschweren Suprainfektion nach einer Woche binnen kurzer Zeit erlegen waren.

M. 55 erhielt eine Mischung von 3 Agarkulturen + 4,5 ccm Na Cl-Lös. ip. Lebt. Typische Leukocytenreaktion und Körpergewichtsabnahme. Nach 8 Tagen 7 ccm zentrifugiertes Exsudat ip. Es erfolgte eine starke Leukocytenreaktion; freie oder phagocytierte Mycelien waren nicht aufzufinden. Das endliche Resultat bestand lediglich in einer ganz geringgradigen Gewichtsabnahme am nächsten Tage, welche weiter nicht mehr fortschritt, sondern bald zur Erholung überging. Eine neuerliche Zufuhr von 7 ccm Exsudat nach 7 Tagen ergab keine Störung im Befunde des Versuchstieres. Dafs das Tier dennoch überempfindlich war, bewies die Suprainfektion, welche nach weiteren 2 Tagen mit einer Mischung von 3 Agarkulturen 4,5 ccm Na Cl-Lös. ip. ausgeführt wurde. Der Tod erfolgte 9—21 Stunden nach der Injektion in der Nacht. Sektionsbefund: Aktinomykose am Grofsnetze und Peritoneum, aktinomykotische Metastasenbildung an der beiderseitigen Pleura, akute und subakute Peritonitis, parenchymatöse Degeneration leichten Grades.

M. 54. (Kontrolltier), das genau so wie M. 55 behandelt war, erhielt nur Na Cl-Lös. statt des Exsudates bei der zweiten und dritten Injektion. Der Befund der Kapillarentnahme und die relative Gewichtsabnahme verhielten sich ganz analog wie beim M. 55. Das Tier zeigte keine Gewichtsabnahme bei der zweiten Injektion. Das Tier starb überempfindlich 9—21 Stunden nach der vierten Injektion mit Kulturen. Sektionsbefund: Aktinomykose am Grofsnetz und Peritoneum, aktinomykotische Metastasenbildung an der beiderseitigen Pleura, akute und subakute Peritonitis, parenchymatöse Degeneration leichten Grades.

Aus diesem Versuche geht hervor, dafs die Einspritzung vom Bauchhöhlenexsudate aktinomykotisch überempfindlich gestorbener Tiere anderen überempfindlich gemachten Tieren gar nicht schadet. Zugleich erweist derselbe Versuch, dafs die Reizung des Peritoneums mit steriler Flüssigkeit allein nicht das Geringste mit dem akuten Tode bei der Suprainfektion zu tun hat. Ferner zeigt der Versuch, dafs die Behandlung mit steriler Flüssigkeit während des überempfindlichen Stadiums weder auf die Dauer noch auf die Stärke der Überempfindlichkeit einen Einflufs hat.

War so die Aufklärung der Überempfindlichkeit durch Nachweis eines wirksamen Aggressins mifslungen, so bleibt noch der Versuch übrig, diesen Nachweis auf dem Umwege der Immunisierung zu führen.

Die Versuche, gegen den Aktinomycespilz mit zentrifugiertem Exsudate aktinomykotisch überempfindlich gestorbener Versuchstiere zu immunisieren, ergaben folgendes:

M. 24 wird subkutan mit 2 ccm Exsudate von M. 18 und 15 Tage später mit 2 ccm Exsudate von M. 25 vorbehandelt. Nach 7 Tagen erhielt das Tier eine Mischung von 3 Agarkulturen + 4,5 ccm Na Cl-Lös. ip. Lebt. Typische Gewichtsabnahme. 7 Tage später erfolgt die Suprainfektion mit 3 Agarkulturen + 4,5 ccm Na Cl-Lös. Stirbt nach 8—22 Stunden in der Nacht. Sektionsbefund: Aktinomykose am Grofsnetze und am Peritoneum, akute und subakute Peritonitis, parenchymatöse Degeneration.

M. 27 vorbehandelt mit 1 ccm Mischung des Exsudates von M. 22 und 23 subkutan. Nach 16 Tagen wird eine Mischung von 3 Agarkulturen + 4,5 ccm Na Cl-Lös. ip. injiziert. Lebt, typische Gewichtsabnahme. 7 Tage nach der ersten Infektion werden wieder 3 Agarkulturen + 4,5 ccm Kochsalzlösung ip. eingespritzt. Der Tod tritt nach 8—22 Stunden in der Nacht ein. Sektionsbefund: Aktinomykose am Grofsnetze und am Peritoneum, ein reiskorngrofses metastatisches Knötchen im Leberparenchym, akute und sub akute Peritonitis, parenchymatöse Degeneration leichten Grades.

M. 28 vorbehandelt mit 3,5 ccm einer Mischung des Exsudates von M. 16 und 17 subkutan. Erste Infektion 16 Tage später mit einer Mischung von 3 Agarkulturen + 4,5 ccm Na Cl-Lös. ip. Lebt, typische Gewichtsabnahme. 7 Tage darnach zweite Infektion mit 3 Agarkulturen + 4,5 ccm Na Cl-Lös. ip. Lebt, starke Leukocytenreaktion und mäfsig starke Gewichtsabnahme. Nach weiteren 7 Tagen werden neuerlich 3 Agarkulturen + 4,5 ccm Na Cl-Lös. ip. injiziert. Stirbt nach 9—23 Stunden in der Nacht. Sektionsbefund: Aktinomykose am Grofsnetze und am Peritoneum, akute und subakute Peritonitis, parenchymatöse Degeneration leichten Grades.

M. 34 (Kontrolltier für M. 24, 27 und 28) infiziert wie die Immuntiere. Stirbt 8—22 Stunden nach der Zweitinfektion. (Tab. I).

M. 42 erhält innerhalb 8 Tagen 1 ccm, 2 ccm und 3 ccm einer Mischung des Exsudates von M. 24, 27, 30 und 38 subkutan. 12 Tage später 3 Agarkulturen + 4,5 ccm Na Cl-Lös. ip. Lebt, typische Gewichtsabnahme. Nach weiteren 7 Tagen Zweitinfektion mit 3 Agarkulturen + 4,5 ccm Na Cl-Lös. ip. Stirbt nach 9—21 Stunden in der Nacht. Sektionsbefund: Aktinomykose am Grofsnetze und am Peritoneum, je ein erbsengrofses Knötchen am unteren Pole der beiden Hoden, akute und subakute Peritonitis, parenchymatöse Degeneration leichten Grades.

M. 43 genau wie M. 42 behandelt. Stirbt 9—21 Stunden nach der Zweitinfektion. Sektionsbefund: Aktinomykose am Grofsnetze und am Peritoneum, je ein erbsengrofses Knötchen am unteren Pole der beiden Hoden, akute und subakute Peritonitis, parenchymatöse Degeneration leichten Grades.

M. 48 (Kontrolltier für M. 42 und 43) infiziert wie M. 42 und 43. Stirbt 9—21 Stunden nach der Zweitinfektion (s. Tab. I).

Wie diese Versuchsreihe zeigt, ist das Resultat der Immunisierung mit dem Exsudate überempfindlich gestorbener Tiere wenig günstig. Doch war von vornherein auf glänzende Ergebnisse nicht zu rechnen, da ja lange bekannt ist, dafs die Immunisierung mit Exsudaten nur dann günstige Ergebnisse liefert, wenn diese wirklich aggressiv sind. Da sich aber in direkten Versuchen eine erhebliche Aggressivität bisher nicht hatte nachweisen lassen, so konnte es sich auch bei der Immunisierung nur um Spuren einer solchen handeln. Und in dieser Hinsicht und mit dieser Beschränkung bleibt es immerhin bemerkenswert, dafs ein Tier (Nr. 28) bei der zweiten Infektion, die gerade im gefährlichsten Stadium der Infektion ausgeführt worden ist, überlebte. Es mufs sofort zugegeben werden, dafs dies noch nicht als ein sicherer Beweis des Vorkommens von Aggressin betrachtet werden kann, immerhin berechtigt der Befund zu der Hoffnung, durch Vorbehandlung mit zentrifugiertem Exsudate schliefslich doch zu aktiver Immunität zu gelangen. Denn ein Irrtum, dafs die Ursache des Überlebens speziell auf der Menge, der Virulenz, dem Alter u. dgl. der eingespritzten Kulturen beruhen könne, ist dadurch ausgeschlossen, dafs bei der Infektion zuerst die Aufschwemmung aller Kulturen gemischt und dann jedem Tiere der gleiche Teil eingespritzt wurde. Einwände infolge technischer Fehler, wie z. B. die Injektion in das subperitoneale Gewebe, sind ebenfalls durch das vollkommene Fehlen des entsprechenden pathologisch-anatomischen Befundes ausgeschlossen. Es bleibt daher, für die Erklärung des Überlebens des Tieres bei der zweiten Infektion nur die Annahme einer individuellen Disposition, wozu man oft bei den schwierigen Fragen seine Zuflucht zu nehmen pflegt, oder einer allerdings nicht besonders hohen aktiven Immunität. Von diesen beiden Möglichkeiten hat bei aller gebotenen Vorsicht

die zweite den höheren Grad von Wahrscheinlichkeit, da ein merkwürdiger Befund bei der Kapillarentnahme des Bauchhöhlenexsudates von grofsem Interesse ist, nämlich eine Neigung zu einer stärkeren Leukocytenreaktion sowohl bei der ersteren als bei der zweiten Infektion der Immuntiere. Eine solche ist aber immer bei der Aggressinimmunität äufserst stark ausgesprochen und kann als ein Charakteristikum dieser Immunität betrachtet werden, wie dies von Bail ausdrücklich betont und von vielen Seiten bestätigt wird. Beispiele des Resultates von Kapillarentnahmen bei der Infektion der Immuntiere sind in den Tabellen XIV und XV zusammengestellt.

Tabelle XIV.

Beobachtungszeit nach:	Nr. 34 (Kontrolltier) 3 Agarkulturen + 4,5 ccm Kochsalzlösg. ip. (Erstinfektion)	Nr. 24 (Immuntier) 3 Agarkulturen + 4,5 ccm Kochsalzlösg. ip. (Erstinfektion)	Nr. 27 (Immuntier) 3 Agarkulturen + 4,5 ccm Kochsalzlösg. ip. (Erstinfektion)	Nr. 28 (Immuntier) 3 Agarkulturen + 4,5 ccm Kochsalzlösg. ip. (Erstinfektion)
1 Std.	Sehr spärliche Leukocyten und Lymphocyten. Die anwesenden Leukocyt. zeigen zum Teile beginnende Phagocytose. Freie Mycelien massenh.	Wie beim Kontrolltier.	Wie beim Kontrolltier	Wie beim Kontrolltier.
3 Std.	Mäfsige Anzahl von Leukocyten und spärl. kleine Lymphoc. Fast alle Leukocyten zeigen Phagocytose. Freie Mycelien etwas vermindert.	Der Befund wie beim Kontrolltier.	Der Befund wie beim Kontrolltier.	Der Befund wie beim Kontrolltier.
4 Std.	Die Zahl d. Leukocyten etwas vermehrt, fast alle zeigen Phagocytose. Freie Mycel. vermindert.	Die Zahl d. Leukocyten etwas mehr als beim Kontrolltiere, fast all. anwesenden Leukocyten zeigen Phagocytose. Freie Mycelien etw. weniger als beim Kontrolltier.	Wie beim Tiere Nr. 24.	Zahlreiche Leukocyten, ungefähr $^3/_4$ davon zeigen Phagocytose. Freie Mycelien weniger als beim Kontrolltier.

Tabelle XV.

Beobachtungszeit nach:	Nr. 34 (Kontrolltier) 3 Agarkulturen + 4,5 ccm Kochsalzlösg. ip. (Zweitinfektion)	Nr. 24 (Immuntier) 3 Agarkulturen + 4,5 ccm Kochsalzlösg. ip. (Zweitinfektion)	Nr. 27 (Immuntier) 3 Agarkulturen + 4,5 ccm Kochsalzlösg. ip. (Zweitinfektion)	Nr. 28 (Immuntier) 3 Agarkulturen + 4,5 ccm Kochsalzlösg. ip. (Zweitinfektion)
1 Std.	Geringe Anzahl von Leukocyten und kleine Lymphocyten. Die anwesend. Leukocyten zeigen meist Phagocytose. Freie Mycelien massenhaft.	Mäfsige Anzahl von Leukocyten; ungef. $^{2}/_{3}$ davon zeig. Phagocyt. Freie Mycelien zahlreich, aber etwas wenig. als beim Kontrolltiere.	Die Zahl d. Leukocyten etwas geringer als beim Tiere 24. Die anwesenden Leukocyten zeigen meist Phagocytose. Freie Mycelien massenhaft.	Zahlreiche Leukocyten; ungefähr $^{1}/_{5}$ davon zeigen Phagocytose. Freie Mycelien bedeutend weniger als bei d. andern Tieren.
4 Std.	Zahlreiche Leukocyt. Die kleinere Hälfte derselben zeigt Phagocytose. Fast keine freien Mycelien.	Sehr zahlreiche Leukocyten; ungefähr $^{1}/_{5}$ davon zeigen Phagocytose. Fast keine freien Mycelien.	Der Befund wie beim Tiere 24.	Die Zahl d. Leukocyten etwas gröfser als bei den Tieren 24 und 27. Ein kleiner Teil der anwesenden Leukocyt. zeigt Phagocytose. Fast keine freien Mycelien.
Ausgang	† n. 8—22 Std.	† n. 8—22 Std.	† n. 8—22 Std.	lebt.

Sehr auffällig ist es dabei, dafs die Leukocytenreaktion bei beiden Infektionen gerade bei dem Tiere, das bei der zweiten Infektion überlebte, stärker als bei den anderen Immuntieren, welche bei der Suprainfektion überempfindlich gestorben sind, und viel mehr als beim Kontrolltiere ausgesprochen war. Darnach scheint es gerechtfertigt, dafs das Überleben des Tieres (Nr. 28) bei der Suprainfektion und die gesteigerte Leukocytenreaktion in einen unmittelbaren Zusammenhang zu bringen, und für beides die Ursache in der Vorbehandlung mit sterilem Exsudat zu suchen ist. Dadurch aber wird wieder wahrscheinlich, dafs das Exsudat, welches zur Immunisierung von M. 28 verwendet wurde, wirksames Aggressin enthalten haben mufs.

Wenngleich durch die bisherigen Versuche der Nachweis einer Beteiligung von Aggressin bei der durch Aktinomycespilze

hervorgerufenen Überempfindlichkeit nicht mit Sicherheit als erbracht gelten kann, so ist doch anderseits auf die Schwierigkeit dieses Nachweises in vielen Fällen aufmerksam zu machen. Schon bei Mikroorganismen, die nach intraperitonealer Injektion innerhalb weniger Stunden tödlich wirken, mifslingt der Nachweis der Aggressivität des gebildeten Exsudates öfters (Dysenterie, Cholera) und Bail hat bereits darauf hingewiesen, dafs solche Fälle, wo mit einem Exsudate das ursprünglich von Bakterien dicht erfüllt war und mit dem dann doch keine aggressiven Wirkungen erzielt werden können, einen Einwand gegen die Ansicht von Wassermann und Citron bilden, dafs nur die in Lösung gegangene Bakteriensubstanz Ursache der aggressiven Wirkung sei.

Was aber die Verhältnisse bei der der Aktinomykose sicherlich am nächsten vergleichbaren Tuberkulose betrifft, so ist für diese bereits bekannt, dafs sehr viele bei der intraperitonealen Suprainfektion sterbende Tiere von vornherein kein aggressives Exsudat erwarten lassen. Das sind alle jene Exsudate, welche reich an Zellen, besonders an polynukleären Leukocyten und Makrophagen sind. Aber auch dann, wenn ein wenig trübes, vorwiegend nur Lymphocyten enthaltendes Exsudat vorliegt, mifslingt öfters der Versuch mit Hilfe desselben und Bazillen akuten Tod von Meerschweinchen innerhalb eines oder wenigen Tage zu erzeugen. Prof. Bail teilte mir mit, dafs es ihm in der letzten Zeit in 5 Fällen nacheinander nicht gelungen sei, in anscheinend geeigneten Exsudaten Tuberkuloseaggressivität nachzuweisen. Deshalb verlieren aber die positiven Befunde nicht an ihrem Werte, da es bei solchem Studium durchaus verfehlt wäre, positive und negative Fälle einfach gegenüberzustellen und durchaus Schlüsse von entscheidender Bedeutung sichern zu wollen. Der richtige Weg besteht vielmehr darin, zu untersuchen, warum die Aggressivität in den negativen Fällen verdeckt ist, um daraus weitere Anhaltspunkte für den möglichen Nachweis desselben auch unter schwierigen und ungünstigen Verhältnissen zu erhalten. Dafs das bei der relativ kurzen Zeit, seit welcher die bezüglichen Studien geführt werden, noch nicht immer und überall gelungen ist, darf weder wundernehmen, noch von weiteren

Versuchen abhalten. Insbesondere bei der Aktinomykose müssen die Schwierigkeiten eines positiven Aggressinnachweises sehr grofs sein, worauf weiter unten noch näher einzugehen sein wird. Aber die Annahme der Aggressivität ist notwendig, wenn man sich über das Wesen der Überempfindlichkeitsreaktion, die hier so deutlich in Erscheinung tritt, überhaupt eine Vorstellung machen will. Dies soll nunmehr versucht werden.

Über deren Dauer habe ich schon oben erwähnt, dafs sie 6 oder 7 Tage nach der ersten Infektion am deutlichsten hervortritt, nach dieser Zeit schwächer wird und schliefslich im Laufe etwa eines Monates vollständig zurückgeht.

Um die Erscheinung ganz im allgemeinen zu kennzeichnen, kann man sich kurz so ausdrücken, dafs infolge der ersten Pilzinfektion ein äufserst stark gegen das Aktinomycesgift disponierter Körperzustand zustande gekommen ist. Denn für die Erklärung des so rapiden Eintrittes des Todes, den man unter keinen Umständen durch eine einmalige Infektion hervorbringen kann, ist die Annahme einer Intoxikation unerläfslich, da der Pilz weder bei der ersten, noch auch bei der zweiten Infektion imstande ist, binnen 5½—8 Stunden, einer Zeit also, innerhalb deren bei der Zweitinfektion schon öfters der typische überempfindliche Tod eintritt, ein so lebhaftes Wachstum zu zeigen, dafs man damit den akuten Tod der Versuchstiere erklären könnte. Im Gegenteil werden die Pilze sehr rasch von den Leukocyten phagozytiert und verlassen sehr bald das Bauchhöhlenexsudat, ohne in den inneren Organen in einer vermehrten Menge aufzutreten.

Da die einmalige Infektion niemals, die Suprainfektion regelmäfsig in einem gewissen Stadium die Tiere akut tötet, so ist nicht zu bezweifeln, dafs die wesentliche Ursache des überempfindlichen Todes auf einer Veränderung des gesamten Organismus beruht, welche auf die erste Infektion zurückgeht.

Für eine Erklärung des Zustandes der Überempfindlichkeit käme zuerst, gewissermafsen als nicht spezifische Ursache, der Ernährungszustand der Tiere in Betracht, der infolge der Erstinfektion der Aktinomycesmasse so hochgradig heruntergekommen sein könnte, dafs die Tiere die Suprainfektion nicht mehr ver-

tragen können. Tatsächlich ist die Ernährung der Tiere im Stadium, in welchem die Überempfindlichkeit am stärksten hervortritt, bedeutend mehr als in den späteren Stadien gestört, wo sie weit schwächer in Erscheinung tritt. Aber dagegen ist sofort einzuwenden, dafs auch nach vollständiger Erholung noch akuter Tod bei der Suprainfektion oft genug erfolgt. Dazu kommt, dafs die Überempfindlichkeit, wenn sie nur auf einer allgemeinen Unterernährung beruhen würde, auch dann hervortreten müfste, wenn die Tiere einer anderen Schädigung, z. B. der Einspritzung von Tuberkelbazillen, ausgesetzt werden, was aber nicht der Fall ist (siehe später). Wenngleich daher der geschwächte Körperzustand am Zustandekommen des überempfindlichen Todes mitwirken mag, die unmittelbare Ursache desselben kann er nicht sein. Diese mufs vielmehr in spezifischen Verhältnissen gesucht werden.

Tabelle XVI.
(Körpergewicht nach der Erstinfektion.)

Versuchstiere	Nr. 31	Nr. 47
Körpergewicht bei der Erstinfektion . . .	175 g	205 g
Körpergewicht bei der maximalen Abnahme	153 g (nach 2 u. 3 Tagen)	180 g (nach 7 Tagen)
Körpergewicht bei der Zweitinfekt. 3 Wochen nach d. Erstinfektion	249 g	272 g
Ausgang	† nach 23 Stunden	† nach 10—23 Stdn.

Eine weitere einfache Annahme würde die sein, dafs der Tierkörper eine Woche nach der Erstinfektion mit 3 Agarkulturen (die meist infizierte Dosis) so sehr mit Giftstoffen, sei es dafs diese durch Zerfall von Mycelien entstehen, oder dafs sie erst im Körper produziert werden, überladen ist, dafs das Leben der Tiere nicht die geringste Zunahme des Giftes mehr verträgt. Sie kann aber schon aus dem Grunde nicht zutreffen, weil eine Infektion mit 12 Agarkulturen, wobei also viermal so viel als

bei einem gewöhnlichen Versuche in den Tierkörper gelangte, genau wie die Infektion mit 3 Agarkulturen vertragen wird. Dazu kommt dann weiter, daſs eine subkutane Suprainfektion nach einer vorangehenden intraperitonealen gar nicht schädlich einwirkt. Man kann sogar die beiden Infektionsmethoden unter der oben erwähnten Bedingung an einem und demselben Tiere wiederholen. Würde überdies eine von der Erstinfektion her im Körper bleibende Giftmenge die Ursache der Überempfindlichkeit sein, so wäre es möglich, daſs in der Körperflüssigkeit (Blut und Blutserum) Gift vorhanden wäre, das auf überempfindliche Tiere schädlich wirken könnte.

M. 20 erhält 3 Agarkulturen und 4 ccm NaCl-Lös. ip.; lebt. 44 Tage später 3 Agarkulturen und 4,5 ccm NaCl-Lös. ip.; lebt. Nach weiteren 47 Tagen wieder ebensoviele Aufschwemmung ip.; lebt. 5 Tage nach der Drittinfektion verblutet.

M. 37 erhält eine Mischung von 3 Agarkulturen + 4,5 ccm NaCl-Lös. ip.; lebt. 30 Tage später wieder die gleiche Mischung ip.; lebt. 38 Tage darnach zum dritten Male die gleiche Injektion ip.; lebt. 5 Tage nach der Drittinfektion verblutet.

M. 49 erhält eine Mischung von 12 Agarkulturen + 4,5 ccm NaCl.-Lös. ip.; lebt. 38 Tage später 3 Agarkulturen und 4,5 ccm NaCl-Lös. ip.; lebt. 5 Tage darnach 8 ccm zentrifugiertes Blutserum von M. 20 und 37 (je 4 ccm) ip.; lebt. Keine besondere Erscheinung nach der Seruminjektion.

Daraus ist zu erkennen, daſs das Blutserum überempfindlicher Tiere keine Substanz enthält, welche die in der Überempfindlichkeit begriffenen Tiere schädigen könnte.

Es ist bereits oben erwähnt worden, daſs bei der Untersuchung der Vorgänge in der Bauchhöhle von Tieren mit Suprainfektion noch nach ca. einer Woche eine gröſsere Leukocytenzahl und damit eine stärkere Phagocytose als bei normalen Kontrolltieren beobachtet werden kann. Um zu sehen, ob dieser Moment für den Ablauf der Überempfindlichkeitsreaktion von Bedeutung ist, wurden Versuche mit künstlicher Hyperleukocytose der Peritonealhöhle unter verschiedenen Bedingungen unternommen.

M. 51 erhält 4 ccm Aleuronatlösung ip. Am nächsten Tage eine Mischung von 3 Agarkulturen und 4,5 ccm NaCl-Lös. ip. Starke Leukocytenreaktion und starke Phagocytose, so daſs die freien Mycelien schon nach 2 Stunden eine erhebliche Verminderung zeigen; lebt. 7 Tage nach der Erstinfektion

werden wieder 3 Agarkulturen und 4,5 ccm Na Cl-Lös. ip. injiziert. Stirbt 8 Stunden später. Sektionsbefund: Aktinomykose am Grofsnetze und am Peritoneum, akute und subakute Peritonitis. Ausgedehnte Adhäsion der Peritonealblätter, zahlreiche metastatische Knötchen in den Nieren, parenchymatöse Degeneration leichten Grades.

M. 52 erhält eine Mischung von 3 Agarkulturen + 4,5 ccm Na Cl-Lös. ip. Typische Leukocytenreaktion; lebt. 6 Tage später 4 ccm Aleuronatlösung ip. Starke Leukocytenreaktion; sonst keine Erscheinung. Am nächsten Tage 3 Agarkulturen und 4,5 ccm Na Cl-Lös. ip. Stirbt $9^1/_2$ Stunden nach der Zweitinfektion. Sektionsbefund: Aktinomykose am Grofsnetze und Peritoneum, akute und subakute Peritonitis, parenchymatöse Degeneration leichten Grades.

M. 53 (Kontrolltier) erhält 3 Agarkulturen und 4,5 ccm Na Cl-Lös. ip. Typische Leukocytenreaktion; lebt. 7 Tage später 3 Agarkulturen und 4,5 ccm Na Cl-Lös. ip. Stirbt 10 Stunden nach der Suprainfektion. Sektionsbefund: Aktinomykose am Grofsnetze und am Peritoneum, akute und subakute Peritonitis, parenchymatöse Degeneration leichten Grades.

Hierzu gehören wohl auch die oben erwähnten Versuche, wobei entweder Na Cl-Lösung oder zentrifugiertes Exsudat für die Injektion im überempfindlichsten Stadium der Tiere gewählt wurde.

Aus allen Resultaten hierzu gehöriger Versuche geht es deutlich hervor, dafs die einfache Reizung des Peritoneums durch die Einspritzung von irgendeiner sterilen, und zwar ungiftigen Substanz gar nichts mit der Überempfindlichkeit zu tun hat. Ein direkter Zusammenhang zwischen der vermehrten Phagocytose bei der Suprainfektion und dem Eintritte des überempfindlichen Todes ist ebenfalls ausgeschlossen, da es einerseits sehr unwahrscheinlich ist, dafs die Befreiung des Toxins aus dem Pilze, welches direkt auf den Tierkörper tödlich einwirkt, durch den intrazellularen Lebensvorgang geschieht, und anderseits die künstliche Steigerung der Hyperleukocytose und der Phagocytose durch Aleuronatinjektion sowohl vor der ersten als auch vor der zweiten Infektion den Verlauf der Suprainfektion nicht in auffallender Weise zu verändern imstande ist. Die kleine Zeitdifferenz des Todeseintrittes, die die Tiere gezeigt haben, kann ohne weiteres aus verschiedenen geringfügigen, zufälligen Momenten erklärt werden.

Als einziger Befund, der beim überempfindlichen Tode charakteristisch erscheint, bleibt also die oben erwähnte merkwürdige Verhinderung der Leukocytenreaktion bei der Suprainfektion. Obwohl die wesentliche Ursache dieser Erscheinung noch nicht mit Sicherheit entschieden werden kann, so ist es doch klar, dafs sie keinesfalls die direkte Ursache des rätselhaften akuten Todes bildet.

Sie scheint vielmehr der Ausdruck des eigenartigen Körperzustandes zu sein, dafs die gesteigerte Abwehrkraft des Organismus, von der man bei der Erstinfektion durch die zunehmende Zahl, die Art der Leukocyten und ihre Phagocytose Kenntnis erhält, bei der zweiten nicht mehr in Tätigkeit treten kann. Es war daher jetzt von Interesse zu untersuchen, ob das offenkundige Versagen der Schutzkraft des Organismus gegen die von dem Pilze ausgehende Vergiftung nur für Aktinomyces oder auch für andere ähnliche Mikroorganismen gelte.

Zu diesem Zwecke wurden Kombinationsinfektionen mit Tuberkelbazillen ausgeführt. Alle anderen Mikrobien konnten für diese Versuche nicht in Betracht kommen, da bei ihnen ein Vorkommen der Überempfindlichkeit nach der Infektion noch nicht nachgewiesen ist. Die für die Infektion verwendeten Tuberkelbazillen stammten aus Bouillonkulturen, welche nach dem Verfahren von Römer zwischen Filterpapier abgeprefst, gewogen, in physiologischer Kochsalzlösung aufgeschwemmt und dann eingespritzt wurden. Bei der Herstellung der Aufschwemmung wurde die Kultur, abgesehen von einem besonders erwähnten Falle (Nr. 61) absichtlich nicht fein verrieben, sondern nur mit einer Platinöse sorgfältig zerkleinert, um den ähnlichen Zustand der Aufschwemmung des Aktinomycespilzes herbeizuführen.

M. 61 erhält 3 Agarkulturen von Aktinomyces + 4,5 ccm Kochsalzlös. ip. Typische Leukocytenreaktion und Phagocytose; lebt. 7 Tage später ca. 40 mg Tuberkelbazillen + 4,5 ccm Kochsalzlös. ip.; bei der Einspritzung ist ungefähr die Hälfte der Bazillen infolge festen Haftens an der Wand der Spritze nicht in die Peritonealhöhle hineingekommen. Stärkere Leukocytenreaktion, lebt. Weiter nach 4 Tagen ca. 40 mg leicht verriebene Tuberkelbazillen + 4,5 ccm Kochsalzlös. ip. Stärkere Leukocytenreaktion. Stirbt nach 18 Tagen. Sektionsbefund: Allgemeine Tuberkulose.

M. 62 erhält 40 mg Tuberkelbazillen + 4,5 ccm Kochsalzlös. ip. Typische Leukocytenreaktion und Phagocytose; lebt. 7 Tage später 3 Agarkulturen von Aktinomyces + 4,5 ccm Kochsalzlös. ip. Stirbt 20 Stunden nach der Infektion. Sektionsbefund: Mehrere bis Kaffeebohnen grofse und zahlreiche weit kleinere Knötchenbildungen am Grofsnetz und am Peritoneum, akute und subakute Peritonitis, leichte Vergröfserung der Milz.

M. 63 erhält 100 mg Tuberkelbazillen ip., 16 Tage später eine Mischung von 3 Agarkulturen Aktinomyces + 4,5 ccm Kochsalzlös. ip. Schwache Leukocytenreaktion (der gröfste Teil der anwesenden Zellen besteht aus kleinen Lymphocyten) und Verminderung der Zellen vor dem Tode. Stirbt 5 Stunden nach der Zweitinfektion. Sektionsbefund: Allgemeine Tuberkulose, vorwiegend im Grofsnetz, akute und chronische exsudative Peritonitis.

M. 60 (Kontrolltier) erhält 3 Agarkulturen von Aktinomycespilz + 4,5 ccm Kochsalzlös. ip. Typische Leukocytenreaktion und Phagocytose; lebt. 7 Tage später die gleiche Menge von Aktinomycesaufschwemmung. Stärkere Leukocytenreaktion am Beginn der Suprainfektion. Stirbt 21 Stunden nach der Infektion. Sektionsbefund typisch.

Das interessante Ergebnis, dafs die aktinomykotische Infektion für tuberkulöse Tiere leicht akut tödlich werden kann, während die tuberkulöse auf aktinomykotische fast gar nicht schädlich einwirkt, bedarf noch genauerer Untersuchung. Jedenfalls ist es aber nicht zu bestreiten, dafs der überempfindliche Tod bei der Suprainfektion nicht nur mit dem homologen Pilze allein, sondern auch bei der Einspritzung artverwandter Mikrobien auftreten kann.

Das verwandtschaftliche Verhalten des Aktinomycespilzes und des Tuberkelbacillus, welches schon lange bekannt gewesen ist und neuerlich durch die ausgeführten Versuche bestätigt wird, tritt beim Stadium der Kombinationsinfektion sehr klar dadurch hervor, dafs die tuberkulöse Überempfindlichkeit nicht nur eine tuberkulöse, sondern auch eine aktinomykotische Suprainfektion tödlich ablaufen läfst.

Wenn man aber die Erscheinungen, die infolge der künstlichen Infektion mit beiden Mikrobien zustandekommen, genauer vergleicht, so findet man sofort graduelle Unterschiede der Überempfindlichkeit, welche für das Verständnis dieser merkwürdigen Erscheinung nicht ohne Bedeutung sind.

Die aktinomykotische Überempfindlichkeit ist ein vorübergehender Zustand, der nach ca. einer Woche sehr deutlich ausge-

sprochen ist, dann aber unter allmählicher Abschwächung in den normalen übergeht. Im Gegensatze ist bei tuberkulösen Tieren die Überempfindlichkeit ein Körperzustand, der niemals vorübergeht, sondern mit dem Fortschreiten der Krankheit sich immer schärfer herausbildet. Da aber die Ursache für das Eintreten dieses Körperzustandes nur in der ersten Infektion gesucht werden kann, so mufs damit etwas in die Organismen des Versuchstieres gelangt sein, was bei Tuberkulose beständig fortwirkt, bei Aktinomykose aber im Laufe etwa eines Monats endgültig beseitigt, ausgeschieden oder zerstört wird. Es ist sehr leicht zu sehen, dafs damit der Verlauf der Infektion genau übereinstimmt, welche, bei Tuberkulose unaufhaltsam von Organ zu Organ fortschreitend, schliefslich den ganzen Organismus durchsetzt, während bei Aktinomykose nur ein mehr weniger lokaler Krankheitsprozefs mit Neigung zur vollständigen Herstellung (soweit diese nicht durch sekundäre Verwachsungen etc. gestört wird) sich ausbildet und von einer schrankenlosen Durchwucherung der Organe keine Rede ist. Der allgemeine Ernährungszustand, den man nach dem Gewichte, der Frefslust und dem Benehmen des Versuchstieres zu beurteilen pflegt, ist von keinem mafsgebenden Einflusse, da sowohl bei Tuberkulose wie bei Aktinomykose Überempfindlichkeit bei anscheinend völlig normalem Befinden des Tieres bestehen kann. Nur der Krankheitsprozefs, den die erste Infektion hervorgerufen hat, entscheidet über das Bestehen des überempfindlichen Zustandes: kann er ablaufen, so hört auch die Überempfindlichkeit auf, schreitet er fort, so bleibt sie bestehen und wird immer deutlicher. Die krankhaften Veränderungen im Organismus müssen auf die Eigenschaften des injizierten Krankheitserregers zurückgeführt werden, die auf den Tierkörper einwirken und zu dieser Einwirkung eine gewisse Zeit brauchen. Denn weder bei Aktinomykose noch bei Tuberkulose ist der Zustand der Überempfindlichkeit sofort nach der Einführung der Kulturmassen da, auch wenn diese sehr grofs genommen werden. Wenn aber Mikro- und Makroorganismus erst in einer dem Wesen nach unbekannten Weise aufeinander einwirken müssen, damit der Zustand der Überempfindlichkeit

zustande kommt, so kann der Einflufs des einen oder des anderen von überwiegender Bedeutung sein. Das sind Anschauungen, die sich in aller Schärfe in der bisher über die Überempfindlichkeit angesammelten Literatur wiederfinden. Denn Erscheinungen der Überempfindlichkeit sind weit verbreitet und treten keineswegs nur nach Einführung geformter Elemente auf. Die ersten Angaben, welche viel Aufsehen hervorriefen, dürften von v. Behring herrühren; er fand, dafs Pferde, welche aktiv sehr hoch gegen Tetanustoxin, also gegen ein ungeformtes Agens immunisiert waren und in ihrem Blute grofse Mengen wirksamen Antitoxins enthielten, gelegentlich einer relativ kleinen neuerlichen Toxinzufuhr ohne Widerstand erlagen. Der Befund steht in offenkundigem Widerspruche mit der Erklärung der antitoxischen Immunität, lediglich auf Grund der im Blute auftretenden Antitoxine. v. Behring beseitigte den Widerspruch durch die Annahme einer Gewebs- und einer Säfteimmunität.

Knorr sowie Behring und Kitashima[1]) fanden, dafs Meerschweinchen sehr schlecht aktiv gegen Tetanustoxin immunisiert werden können, weil sie die späteren Injektionen, auch wenn sie sehr klein gewählt werden, nur schwer vertragen.

Von grofser Bedeutung für das Studium der Überempfindlichkeit sind die Arbeiten von v. Pirquet und Schick[2]), welche zunächst von klinischen Befund ausgingen.

Beim Menschen (Kinder) ruft die Injektion fremden Serums zunächst keine Erscheinungen hervor. Erst nach einer Inkubationszeit von einigen Tagen treten Hautausschläge, Fieber etc. ein (Serumkrankheit). Wird während dieser Inkubation neuerlich das gleiche Serum injiziert, so entsteht keine neue Krankheit, wohl aber dann, wenn nach Ablauf derselben injiziert wird. Der jetzt auftretende Symptomenkomplex zeichnet sich aus durch sehr rasches Eintreten entweder von lokalen oder allgemeinen Erscheinungen oder beiden zugleich. Der früheste Eintritt dieser »sofortigen Reaktionsfähigkeit« wurde 12 Tage nach der Erstinjektion beobachtet, vom vierten Monate an wird

1) Berl. klin. Wochenschr., 1901.

2) Wien. klin. Wochenschr., 1903, Nr. 26, 45, 1905, Nr. 17.

sie seltener und verschwindet nach ca. 9 Monaten, während ihre beste Entwicklung 3—6 Wochen nach der Erstinjektion fällt. Aber auch wenn die Zeit der »sofortigen Reaktion« abgelaufen ist, verrät sich noch nach Jahren der überempfindliche Zustand durch die »beschleunigte Reaktionsfähigkeit« des Organismus, d. h. dadurch, dafs eine Seruminjektion die Zeichen der Serumkrankheit nach kürzerer Inkubation als sonst auftreten läfst.

Von hauptsächlichstem Interesse ist hier das Studium der sofortigen Reaktionsfähigkeit, welches ganz klar der Überempfindlichkeit entspricht, die sich auch dadurch zu erkennen gibt, dafs dabei Mengen von Serum, die sonst ohne Serumkrankheit vertragen werden, starke Reaktionen auslösen.

Die Deutung, welche v. Pirquet und Schick ihren Beobachtungen geben, sei am besten mit den eigenen Worten der Verfasser wiedergegeben: »Das artfremde Serum wirkt nicht unmittelbar krankmachend auf den Organismus; die Krankheit zeigt sich erst, wenn das artfremde Serum durch antikörperartige Reaktionsprodukte eine bestimmte Veränderung erlitten hat.« »Sind Reaktionsprodukte noch in genügender Menge von der ersten Injektion her[1]) vorhanden, so tritt die Krankheit (sc. nach nochmaliger Injektion des Antigens) sofort ein.«

Über das Wesen und die Wirkung der antikörperartigen Reaktionsprodukte vermögen v. Pirquet und Schick keine genauere Angabe zu machen: Die Antikörper schliefsen das Antigen »in irgendeiner Weise« auf; sie überlassen es der Entscheidung von Fall zu Fall, »ob das krankmachende Agens ein freiwerdendes Endotoxin ist oder eine giftige Verbindung zwischen Antigen und Antikörper.« Sie weisen jedoch auf einen gewissen Parallitismus zwischen dem Eintritte der Überempfindlichkeit (der sofortigen Reaktion) und der Bildung von Präzipitinen im Blute nach Injektion fremden Serums hin, ferner darauf, dafs in Übereinstimmung mit v. Dungern[2]) eine neuerliche Injektion des Präzipitinogens auch nach Verschwinden des Prä-

1) D. h. als Folge der ersten Injektion.

2) Die Antikörper. Jena, G. Fischer, 1903.

zipitins beschleunigte Präzipitationswirkung hervorbringt. Absolut ist freilich der Parallitismus, wie v. Pirquet und Schick selbst anführen (Wien, Klin. Wochenschr. 1903, S. 1246) nicht, da Präzipitin erst einige Zeit nach Eintritt der Serumkrankheit nachweisbar werden kann, anderseits präzipitierende Wirkung des Serums bei voll ausgebildeten Krankheitserscheinungen fehlen kann. Die Erscheinungen der Serumkrankheit auf eine Präzipitation intra vitam zurückzuführen, nachdem Hamburger und Moro (Wien, Klin. Wochenschr. 1903, S. 445) bereits das Vorkommen von Präzipitinen im Blut von Kindern nach Heilseruminjektion nachgewiesen hatten, mufs man wohl Bedenken tragen, da die Präzipitation eine ausgesprochene Reagenzglaserscheinung ist (Rostoski[1]), Michaelis und Oppenheimer.[2])

In ihrer neuen zusammenfassenden Monographie der Serumkrankheiten (Leipzig und Wien 1905, Deutike) stellen v. Pirquet und Schick die Identität von Präzipitinen mit dem von ihnen angenommenen Antikörpern bei der vitalen Reaktion direkt in Abrede. Kurz zusammengefafst, handelt es sich somit nach v. Pirquet und Schick um folgendes: Eine an sich nicht giftige Substanz, wie Pferdeserum, wird vom artfremden Organismus bei der ersten Injektion zunächst schadlos vertragen, ruft aber nach einigen Tagen sehr oft einen als Serumkrankheit bezeichneten Komplex lokaler und allgemeiner Symptome hervor. Die Inkubationszeit wird dadurch bedingt, dafs während derselben eine Reaktion des Organismus zur Bildung von »Antikörpern« führt, die erst das im Tiere von der Erstinjektion her noch vorhandene Antigen (das fremde Serum) in eine schädliche Modifikation umwandeln und die Serumkrankheit erzeugen. Die einmal gebildeten Antikörper bleiben zunächst im Organismus und veranlassen sofort Umwandlung des neuerdings injizierten Antigens in seine giftige Modifikation und damit lokale und allgemeine Krankheitssymptome. Sind im Laufe der Zeit die Antikörper verschwunden, so bleibt dennoch ein veränderter Körperzustand erkennbar, indem eine jetzt vorgenommene In-

1) Zit. nach Hamburger und Moro.

2) Arch. f. Anatomie u. Physiolog. ie. Physiol. Abteilung, 1903.

jektion des Antigens schneller als im normalen Zustande zur Antikörperbildung und damit zur Serumkrankheit führt.

Die Verdienste, die sich v. Pirquet und Schick um das Studium der Serumkrankheit und damit die Belebung des Studiums der Überempfindlichkeit erworben haben, sind grofs, die Vorteile ihrer Theorie derselben sind einleuchtend. Wenn man einmal zugibt, dafs das injizierte fremde Serum längere Zeit als solches im Körper des injizierten Menschen oder Tieres kreisen kann, bis Antikörper gebildet sind, so ist die Inkubation erklärt und die als sofortige Reaktion bezeichnete Überempfindlichkeit sofort verständlich. Aber auch die Schwächen der Theorie sind grofs. Zunächst erscheint es im hohen Grade dysteleologisch, eine für den Gesamtorganismus so offenbar ungünstige Körperreaktion anzunehmen, welche etwas Ungiftiges erst giftig macht. v. Pirquet und Schick empfinden das selbst und begegnen dem mit dem Hinweise darauf, dafs die Abwehrvorrichtungen des Organismus phylogenetisch nur auf vermehrungsfähige Krankheitserreger, nicht auf andere Agentien eingestellt seien. Warum dann der Aktinomyces, die Tuberkelbazillen eine Ausnahme machten, ist nicht einzusehen. Denn das, was bei Aktinomyces nach Ablauf der Überempfindlichkeit erfolgt, ist nicht Immunität, auch keine Vorstufe derselben in Form einer beschleunigten Reaktionsfähigkeit, sondern nur Rückkehr zur Norm. Überhaupt läfst sich die Theorie v. Pirquet und Schick von der Serumkrankheit, von der sie ausging, nicht auf andere Fälle von Überempfindlichkeit übertragen, worauf bereits Bail, wie später zu erwähnen sein wird, hingewiesen hat. Gerade die Universalität fehlt dieser Theorie, deren gröfster Nachteil übrigens darin besteht, dafs v. Pirquet und Schick auch für den besonderen Fall der Serumüberempfindlichkeit weder angeben können, was für Antikörper eigentlich während der Inkubation gebildet werden, noch was für Veränderungen durch diese am injizierten Serum hervorgebracht werden müssen, damit es schädlich wird. Al. Wolf-Eisner[1]) hat bereits auf

1) Zentralbl. f. Bakteriologie, 1906, Bd. 40, Nr. 3.

diese Verhältnisse hingewiesen. Wir wissen bisher nur von einer Substanz, die durch Antikörperwirkung giftiger wird als sonst, und zwar vermutlich nur deshalb, weil sie leichter löslich und resorbierbar wird, das ist die Leibsubstanz von Bakterien mit den darin vorkommenden Endotoxinen, woran sich sodann die giftige Wirkung von fremdartigen Körperzellen anschliefst. Auf diese mit allem Nachdruck hingewiesen zu haben, ist das Verdienst von A. Wolff. Soweit dessen Arbeiten die nähere Wirkungsweise der Endotoxine auf den Tierkörper, die Verhältnisse der verschiedenen, mit Recht und mit Unrecht sog. Immunitäten u. dgl. betreffen, sei auf die Originalartikel hingewiesen. Hier kommen nur die Beobachtungen von Wolff über Überempfindlichkeitserscheinungen und deren Deutung in Frage. Wolff stellte fest, dafs Tiere die wiederholte Injektion von Bakterien, von Spermatozoen, von Organverreibung u. dgl. immer schlechter vertragen, woran (Beobachtungen an Meerschweinchen nach Injektion menschlichen Spermas) ein Wechsel der Injektionsart nichts änderte. Die Erklärung Wolffs stützt sich auf mehr weniger deutlich in jedem Falle sichtbare morphotische Veränderungen der die Überempfindlichkeit bedingenden, geformten Elemente. Diese unterliegen einer Auflösung, die um so schneller und vollständiger erfolgt, je öfter die Versuchstiere vorbehandelt sind. Damit ist aber »eine erleichterte und beschleunigte Resorption der eingeführten Organ- oder Bakterieneiweifsstoffe« verbunden.

Der Unterschied und der Fortschritt dieser Auffassung gegenüber der von v. Pirquet und Schick ist klar. Hier ist nicht mehr die Rede von unbekannten Antikörpern, sondern das Wirksame sind die jederzeit sichtbaren Folgen der Cytolyse; auch ist Wolff nicht genötigt, ein Giftigwerden eines an sich wenig schädlichen Stoffes anzunehmen: Die Bakterien oder Organzellen sind an sich bei der ersten Injektion genau so giftig wie bei den wiederholten, nur die Aufsaugungsverhältnisse sind geändert. Aber Wolff bleibt bei geformten Elementen nicht stehen, sondern zieht auch flüssige, artfremde Eiweifskörper in Betracht, indem er den Begriff der Endotoxine erweitert: »Die

bakteriellen Endotoxine sind keine Sonderklasse von Giften . . ., sondern die Endotoxine sind körperfremdes Eiweiſs, giftig wie jedes körperfremde Eiweiſs.« Von diesem Standpunkte aus kann Wolff mit Recht betonen, daſs seine Auffassung eine groſszügigere wird, daſs sie sich auf jede Überempfindlichkeit ausdehnen läſst, und daſs die Differenz in der Wirkung von Organeiweiſs (d. h. Organ- und wohl auch Bakterienzellen) und Serum nur quantitativ, nicht prinzipiell sind. Er nimmt mit Wahrscheinlichkeit an, daſs auch die Überempfindlichkeit gegen Serum nur durch beschleunigte Resorbierbarkeit, obwohl man diese nicht mehr sehen kann, bewirkt wird.

Bei Wolff wie bei v. Pirquet und Schick finden sich weitere Literaturangaben über Beobachtungen anderer Autoren (Richet, Babes und Proca u. v. a.), auf welche hier, um die Besprechung nicht allzusehr auszudehnen, nur verwiesen sei. Das Trennende in den Anschauungen von v. Pirquet und Schick und Wolff ist bereits hervorgehoben. Gemeinsam ist bei beiden aber, trotz aller Abweichungen, die Auffassung, daſs Reaktionsprodukte des der Antigeninjektion unterworfenen Organismus das Bestimmende für die Überempfindlichkeit sind: indem der Organismus aktiv ist, ist er überempfindlich. Inwiefern die genannten Autoren sich dann mit der Frage der Beziehung dieser Erscheinungen zur Immunität befassen, kommt hier nicht in Betracht.

Aber bei Wolff findet sich bereits der Ansatz zu einem weiteren Fortschritte über dieses Gebiet hinaus. Er ist gegeben durch die Darlegungen des Autors über die Rolle, welche Leukocyten bei diesen Vorgängen spielen. Denn indem Wolff annimmt, daſs Leukocyten »durch Absorption oder Adsorption der gelösten Endotoxine (Cholera oder Typhusinfektion an Meerschweinchen) die Resorptionsgeschwindigkeit dieser schwersten Gifte verlangsamen« [1]), ferner durch »fermentative und oxydative Prozesse eine Abschwächung des Giftes herbeiführen« [2]), stellte

1) Beitrag zur Kenntnis der morpholog. Vorgänge bei der Infektion und Immunität, Berl. klin. Wochenschr., 1904, Nr. 17 u. 20, S. 37 d. S.-A.

2) Über Grundgesetze der Immunität, Ztrlbl. f. Bakt., 1905, Bd. 37, S. 685.

er eine Abwehrvorrichtung des Körpers fest, die sich nicht nur als die gewöhnlich zu beobachtende Phagocytose geformter Elemente, sondern auch als nicht mehr sichtbare Beseitigung gelöster Stoffe betätigt, beides Seiten der Leukocytentätigkeit, die festgestellt und festgehalten zu haben das bleibende Verdienst Metschnikoffs und seiner Schule ist.

Damit bildet Wolff einen Übergang zu jener Auffassung der Überempfindlichkeit, die namentlich durch Bail vertreten wird. Während für v. Pirquet und Schick und für A. Wolff der Organismus der Versuchstiere zum Zustandekommen der Überempfindlichkeit tätig ist (Antikörperbildung, die entweder das injizierte Antigen modifiziert oder resorbierbar macht) ist er für Bail nur leidend. Ganz in Übereinstimmung mit Wolff ist für Bail das Antigen bei der zweiten Injektion an sich gerade so sehr oder so wenig giftig als bei der ersten, er erkennt auch die grofse Bedeutung einer vermehrten Bakteriolyse, die allemal für den Tierkörper ein verhängnisvolles Ereignis sei, an, aber die Hauptsache bei der Überempfindlichkeit und zugleich ihre Ursache ist die, dafs als Folgezustand der ersten Injektion bei der zweiten Schutzkräfte beseitigt oder gelähmt sind, welche sonst einen ungünstigen Ausgang der Antigenzufuhr verhüten.

Die Bailsche Erklärung der Überempfindlichkeit ging von Studien der bazillären Überempfindlichkeit, speziell bei Tuberkelbazillen aus. Bereits Koch hatte gefunden, dafs die tuberkulöse Infektion eines bereits tuberkulösen Meerschweinchens anders verläuft als die eines gesunden. Arloing und besonders L. Detre-Deutsch[1]) studierten die sog. Suprainfektion genauer. Detre-Deutsch fand, dafs die subkutane Infektion relativ geringer Bazillenmengen bei bereits tuberkulösen Meerschweinchen längeres Fieber, lokale Ödeme und erschwerten Verlauf der Tuberkulose bedingt. Für das Fieber gibt Detre-Deutsch eine Tuberkulinwirkung als Ursache an, das Ödem entspreche einer lokalen Giftwirkung, die im tuberkulösen Tiere ganz eigen-

1) Wien. klin. Wochenschr., 1904, Nr. 27.

tümlich zum Ausdrucke kommt. Bekanntlich erklärt Detre-Deutsch die Virulenz durch eine gröfsere oder geringere Fähigkeit von Bakterien, Giftstoffe (Leukotoxine) zu produzieren. Ein tuberkulöses Tier enthält Leukotoxin und ist daher in seinen Leukocyten bereits geschwächt. Diese wandern nicht mehr zu dem Orte der Zweitinfektion, es entsteht also kein Abszefs, wohl aber infolge der Durchgängigkeit der Gefäfse Ödem.

Bail wendete bei tuberkulösen Tieren die intraperitoneale Infektion neuer Bazillen an und fand, dafs dadurch in den extremsten Fällen die Tiere rapid binnen wenigen Stunden starben. In solchen Fällen (typische Überempfindlichkeit) war in der Peritonealhöhle ein dünnes, verhältnismäfsig wenig trübes Exsudat vorhanden, das von Zellen fast nur Lymphocyten enthielt; dieser Effekt hängt nur zum Teil von der Menge der injizierten Bazillen ab und ist weit mehr durch den Zustand des Tieres bedingt, für den sich leider keine sicheren äufseren Kennzeichen finden liefsen. Ist derselbe nicht erreicht, so ruft auch die Einspritzung sehr grofser Bazillenmengen nicht den Befund der typischen Überempfindlichkeit hervor. Solche Tiere sterben zwar meist auch, aber erst nach längerer Zeit (24 Stunden und mehr). Ihre Bauchhöhle enthält ein dickes, zellreiches Exsudat meist mit vielen Makrophagen und starker Phagocytose. Eiterauflagerungen auf Leber, Milz sind gewöhnlich. Zur Erklärung der Überempfindlichkeit zieht Bail seine auf alle Mikroorganismen anwendbare Aggressintheorie heran. Bereits Kruse[1]) hatte angenommen, dafs infektiöse Bakterien eigene Stoffe, Lysine, abgeben müfsten, um die Körperschutzkräfte (Kruse dachte dabei vorwiegend an bakterizide Blutwirkungen) aufzuheben. Wie bereits erwähnt, nimmt auch Detre-Deutsch Stoffe, Leukotoxine an, welche auf die Abwehrtätigkeit der Zellen lähmend wirken. Arloing und Courmont hatten bereits viel früher vermutet, dafs eine Infektion zunächst den Organismus schutzlos machen müfste, ehe sie fortschreiten kann.[2]) Bail

1) Zieglers Beiträge X.

2) Zit. nach v. Pirquet und Schick, durch deren Monographie ich erst auf diese älteren Versuche aufmerksam gemacht wurde.

stellte in Gemeinschaft mit Weil, Hoke, Kikuchi, Salus bei verschiedenen pathogenen Bakterien die Anwesenheit einer Aggressivität fest, indem Körperflüssigkeiten infizierter Tiere zusammen mit den betreffenden Bakterien Infektionen erleichterten bzw. einen schweren Verlauf hervorriefen, ohne Bakterien aber eine eigenartige, nicht bakterizide Immunität erzeugten. Es gelang Bail dadurch, dafs er gröfsere Mengen von Tuberkelbazillen zusammen mit dem Exsudate typisch überempfindlich gestorbener Meerschweinchen gesunden Tieren injizierte, den Tod derselben nach relativ kurzer Zeit herbeizuführen. Die Symptome bei diesen, freilich nicht regelmäfsig gelingenden Versuchen, den akuten Tod an Tuberkulose herbeizuführen, boten Analogien zu dem Tode tuberkulöser Meerschweinchen bei intraperitonealer Suprainfektion: es kam zu keiner oder zu einer offenbar verspäteten Leukocyteneinwanderung in die Bauchhöhle, und es handelte sich offenbar um eine Vergiftung. Bail erklärt die ganze Erscheinung in folgender Weise: Die Tuberkelbazillen enthalten einen Giftstoff für Meerschweinchen, was sich durch einen subakuten Vergiftungstod normaler Tiere bei direkter Injektion von Tuberkelbazillen ins Herz leicht nachweisen läfst.[1]) Dafs man bei intraperitonealer Injektion selbst sehr grofse Tuberkelbazillenmengen nichts Unmittelbares von dieser Vergiftung merkt, beruht darauf, dafs das Meerschweinchen über ausgiebige Schutzvorrichtungen verfügt, zu denen die Leukocyten gehören, die rasch in der Bauchhöhle erscheinen und ausgiebigste Phagocytose zeigen, sei es, dafs diese letztere nur ein rasches Freiwerden und eine schnelle Resorption des tuberkulösen Endotoxins durch extrazelluläre Bazillenlösung verhindert, sei es, dafs dabei das Gift direkt zerstört wird. So lange ein Tier diesen Schutzapparat unversehrt hat, erfolgt keine Vergiftung, im natürlichen Verlaufe der Krankheit auch keine Allgemeinerscheinung, wie Abmagerung, Fieber u. dgl. Wie jeder Mikroorganismus, der dauernd als Parasit im Tiere zu leben befähigt ist, besitzt aber auch der Tuberkelbazillus Aggressivität,

---

1) Wien. klin. Wochenschr., 1905, Nr. 46.

d. h. die Fähigkeit, die Schutzkräfte des Körpers insbesondere die zelligen, lahmzulegen, so dafs schliefslich das Tier der Vergiftung unterliegen mufs, die vielleicht noch durch Ausbildung besonderer bakteriolytischer Kräfte erleichtert wird. Ist im Laufe der tuberkulösen Erkrankung der Zustand erreicht, wo die normalen Schutzkräfte gelähmt sind, so wirkt jede neue Einführung von Tuberkelbazillen vergiftend und je nach dem Grade, in welchem die Aggresivität der Bazillen bereits gewirkt hat, entstehen die verschiedenen Grade der Überempfindlichkeit.

Nun bezieht sich die Erklärung Bails nur auf einen bestimmten Fall der Überempfindlichkeit, den Tuberkelbazillen gegenüber, für welchen das die Widerstandskraft des Organismus lähmende Moment sich mit Sicherheit, wenn auch nicht immer mit Leichtigkeit, in der Aggressivität des Bazillus nachweisen läfst. Es ist aber nicht zu verkennen, dafs dieser Sonderfall einer weitverbreiteten Erscheinung die Grundanlage zu einer Erklärung für alle Fälle abgeben kann. Die Lähmung natürlicher Schutzkräfte, die bei Tuberkulose oder Aktinomykose die Aggressivität des Bazillus vollbringt, kann im Falle der Serumüberempfindlichkeit durch eine sonst unmerkliche Vergiftung erzeugt sein, oder durch eine Inanspruchnahme der Schutzkräfte zur Verarbeitung der eingeführten Fremdstoffe od. dgl. Das sind alles Verhältnisse, die noch des eingehendsten Studiums bedürfen, und die eines solchen wohl wert sind, da in der Überempfindlichkeit ein Phänomen vorliegt, das schon wegen seiner Gegensätzlichkeit zum Zustande der Immunität die gröfste Beachtung beanspruchen darf.

Dafs die Leukocyten bei Einführung recht verschiedener Stoffe, z. B. auch von fremdem Blutserum eine Alteration in quantitativer und qualitativer Hinsicht aufweisen, bezeugen die Versuche von Hamburger und v. Reufs[1]), Arneth[2]) (im strömenden Blute) Helly[3]) (an Exsudatzellen) u. a. Damit ist freilich noch kein Beweis, aber doch ein Hinweis darauf ge-

1) Zeitschr. f. Biologie, Bd. 47, S. 24.
2) Zeitschr. f. klin. Med.. Bd. 57, Nr. 3.
3) Zentralblatt f. Bakteriol., 1905, Bd. 39, Nr. 1. Zieglers Beiträge, Bd. 37.

geben, dafs Überempfindlichkeit ganz allgemeiner durch eine lähmende Einwirkung des Antigens auf Schutzapparate zellulärer Natur zustande kommt. Das Wesen der Inkubationszeit, die Beziehungen zur Immunität u. dgl. könnten durch entsprechende Studien manche Aufklärung erfahren.

Die aktinomykotische Überempfindlichkeit, welche durch die oben genauer beschriebenen Versuche als sichergestellt betrachtet werden darf, besitzt die wichtigsten Merkmale, die man bisher bei jeder Überempfindlichkeit mehr weniger deutlich feststellen konnte, und die sich im folgenden zusammenfassen lassen:

1. Der die Überempfindlichkeit veranlassende Aktinomycespilz ist an sich für normale gesunde Tiere nicht imstande, innerhalb gewisser Quantitätsgrenzen akute schwere Erscheinungen hervorzurufen, ist aber anderseits keineswegs gleichgültig, da er Allgemeinstörungen (Abmagerung u. dgl.) hervorruft, die aber nach einiger Zeit vorübergehen. Ganz Analoges ist der Fall bei Verwendung fremden Serums, fremder Zellen, toter Bakterien und auch lebender Tuberkelbazillen (natürlich bei letzteren nur insoweit, als akute Gesundheitsstörungen in Frage kommen).
2. Die wiederholte Einführung des Aktinomycespilzes in der gleichen Menge wie bei der Erstinfektion kann die schwersten und tödlichen Erscheinungen im Gefolge haben, aber nur dann, wenn gewisse Bedingungen erfüllt sind. Dazu gehört:
3. eine gewisse Zeit, die seit der Erstinfektion notwendig verstreichen mufs. Sie beträgt bei der hier verwendeten Versuchsanordnung etwa eine Woche, während deren die intraperitoneal injizierten Pilzmassen ausgedehnte Eiterung in der Bauchhöhle veranlassen, die dann zur Organisation und damit zur umfänglichen Verwachsung führen, überdies aber eine durch eine recht charakteristische Gewichtskurve ausgezeichnete Ernährungsstörung herbeiführen.

4. Das Maximum der Ernährungsstörung, ausgedrückt durch die Gewichtsverluste fällt, zeitlich nicht mit der Dauer der Überempfindlichkeit zusammen, sondern verschwindet früher als diese.
5. Das Stadium der Überempfindlichkeit ist nur von beschränkter Dauer und geht nach 3—4 Wochen in einen Zustand über, der sich vom normalen nicht mehr unterscheidet.
6. Nach Ablauf der Überempfindlichkeit tritt keine Immunität gegen ähnliche Zustände ein, sondern es erfolgt auch in dieser Hinsicht Rückkehr zur Normalität, indem eine neuerliche Aktinomyceseinführung wiederum eine nach ca. einer Woche am besten ausgeprägte Überempfindlichkeit zurückläſst.
7. Der Erscheinungskomplex der Überempfindlichkeitsreaktion ist kein streng spezifisch bedingter, indem sich Tuberkelbazillen und Aktinomyces bis zu einem gewissen Grade vertreten können.
8. Der hauptsächlichste Unterschied in dem lokalen Vorgange in der Bauchhöhle bei einer ersten und zweiten intraperitonealen Aktinomycesinfektion besteht in einer Zurückhaltung der Leukocyteneinwanderung bei der letzteren, ja es kommt sogar zu einem Verschwinden der von der Erstinfektion noch zurückgebliebenen Hyperleukocytose.

Die bisher versuchten Erklärungen der Überempfindlichkeit nehmen als Ursache derselben, wie erwähnt, entweder eine Reaktion des Organismus auf Ersteinführung des Antigens an, wodurch derselbe die Fähigkeit erhält, dasselbe so zu verändern, daſs es nunmehr giftig wirkt oder aber eine dauernde oder vorübergehende Lähmung normalen Schutzmaſsregeln, die dann bei der zweiten Infektion nicht mehr wie bei der ersten entgiftend wirken können. Es ist sofort zu sehen, daſs diese beiden Anschauungen keinen notwendigen Gegensatz bilden müssen, sondern daſs auch beide vereint zur Erklärung dieser rätselhaften Erscheinung Verwendung finden können.

Zunächst kommt für die aktinomykotische Überempfindlichkeit die etwaige Ausbildung eines bakteriolytischen Agens im Sinne der Pfeifferschen Bakteriolysine in Betracht, welche durch die erste Einverleibung der Mycelien in dem Tierkörper angeregt würde. Wenn ein derartiges Bakteriolysin in genügender Menge vorhanden wäre, um ein Endotoxin durch Lösung rasch aus den Mycelien zu befreien, so könnte durch direkte Einwirkung des jetzt fertigen Toxins der akute Tod leicht erklärt werden. Der oben erwähnte Befund, dafs die subkutane Infektion eine Woche nach der intraperitonealen, in welchem Stadium die Überempfindlichkeit sonst am deutlichsten hervortritt, keinen schädlichen Einflufs auf den Tierkörper ausübt, läfst sich ebenfalls mit der Annahme eines bakteriolytischen Vorganges leicht in Übereinstimmung bringen, da Metschnikoff, Taurelli-Salimbeni u. a. konstatiert haben, dafs Bakteriolyse bei Einführung von Choleravibrionen in die Ödemflüssigkeit oder in das subkutane Gewebe von immunisierten Tieren nicht vom Pfeifferschen Phänomen der Auflösung gefolgt wird, oder dafs dieses wenigstens erschwert und verzögert ist. Aber es finden sich sonst viele Widersprüche gegen diese Voraussetzung. Zunächst ist dann der Effekt der Einführung von Aktinomycespilzen ein ganz anderer wie der von Choleravibrionen. Denn die bei letzteren erfolgte Ausbildung des Bakteriolysins übt bei neuerlicher intraperitonealer Vibrioneninfektion einen deutlichen Schutz aus. Allerdings hat Bail festgestellt, dafs der durch Bakterienauflösung erfolgte Schutz noch nicht Immunität, d. h. das Freibleiben an Krankheit an sich bedeutet, dafs vielmehr der Schutz vor Choleravergiftung auf die Intervention von Leukocyten zurückzuführen ist, auf deren Tätigkeit mindestens die passive Immunisierung ohne Einflufs bleibt. Bei Aktinomykose würde daher eine gesteigerte Bakteriolyse einen direkten dysteleologischen Charakter annehmen und es bliebe überdies ganz unerklärt, warum die Leukocytose, die bei der Erstinfektion so auffällig hervortritt, bei der zweiten ausbleibt. Man müfste darum annehmen, dafs gerade die rapide Mycelauflösung Stoffe frei macht, welche aufser ihrer Giftwirkung

auch die Zellen abhalten. Die Möglichkeit eines solchen Vorganges müfste von vornherein zugegeben werden, wenn nicht eine Reihe gewichtiger Bedenken gegen die alleinige und ausschlaggebende Bedeutung eines Aktinomycoselysins spräche.

Hierher gehört zunächst der Befund bei den Kapillarentnahmen. Wäre bei der tödlichen Suprainfektion das Vorhandensein eines Bakteriolysins das Entscheidende, so müfste man bei der grofsen Menge der eingespritzten Mycelien etwas von Bakteriolyse sehen; tatsächlich findet aber der bakteriolytische Vorgang nicht frei im Bauchhöhlenexsudat statt, wie dies bei der Infektion von Choleravibrionen oder Typhusbazillen der Fall ist, sondern, was man von Lösung sieht, geht auch bei überempfindlichen Tieren nur in Zellen vor sich. Dazu kommt weiter, dafs das durch Auflösung freiwerdende Aktinomycestoxin ganz merkwürdig giftig sein müfste. Denn da jede bisher bekannte immunisatorisch erzeugte Bakteriolyse nur eine Steigerung einer bereits natürlich vorhandenen darstellt, so mufs man doch fragen, warum die einmalige Infektion, sogar die Einspritzung von einer enorm grofsen Mycelienmenge so wenig wirkt. Ferner wirkt die Suprainfektion mit Aktinomyces bei tuberkulösen Tieren wie bei aktinomykotischen tödlich, und man müfste infolgedessen annehmen, dafs das hier vorausgesetzte Bakteriolysin gar keine spezifische Reaktion zeigt, was im Widerspruche mit der Spezifität der bisher bekannten Bakteriolysine steht. Eventuell könnte man die nichtspezifische Reaktion durch die sog. Gruppenreaktion (Zupnik)[1]) erklären, doch ist es sehr fraglich, ob die Gruppenreaktion bis zu einem so hohen Grade erscheinen kann, dafs zwischen der homologen Infektion und der Kombinationsinfektion fast kein Unterschied wahrzunehmen ist. Nicht minder auffällig wäre, dafs die subkutane Einverleibung der Aktinomycespilze bei der ersten Infektion die Entstehung des fraglichen Bakteriolysins so wenig bewirken könnte, dafs danach die Zweitinfektion wie beim normalen Tiere verläuft.

1) Vgl. hierüber Zupnik, Arch. f. klin. Med., 1905, Bd. 76, Feistmantel, Zentralblatt f. Bakt., 1904, Bd. 36, und andere die Spezifität der Tuberkulinreaktion betreffende Arbeiten.

Weiter müfste, wenn tatsächlich ein bakteriolytischer Stoff im überempfindlichen Tierkörper vorhanden wäre und den rapiden Tod bei der Suprainfektion verursacht, das Exsudat solcher Tiere ebenfalls diesen Stoff enthalten und bei einem anderen normalen Tiere bei gleichzeitiger Einspritzung des Pilzes den akuten Tod oder doch schwere Erscheinungen herbeiführen; aber die gleichzeitige Injektion des Pilzes mit dem Exsudate überempfindlich gestorbener Tiere verlief ganz genau wie die Infektion mit physiologischer Kochsalzlösung. Schliefslich würde die rasche Abschwächung und das baldige Verschwinden der Überempfindlichkeit die Annahme eines Bakteriolysins unmöglich machen; ein so rasches Entstehen und insbesondere Verschwinden von bakteriolytischen Stoffen nach einem Vorgehen, das einer aktiven Immunisierung gleichzusetzen ist, wäre ohne Analogie.

Nach den ausgeführten Widersprüchen gegen alle bisherigen Erfahrungen kann die Ursache des überempfindlichen Todes unmöglich ausschliefslich in der Ausbildung von Bakteriolysinen oder überhaupt von Eigenschaften gesucht werden, welche man heutzutage den sog. Immunsubstanzen zuschreibt, und welche bei der Einverleibung aller möglichen fremdartigen Substanzen (Toxine, Bakterien und Eiweifssubstanzen) als spezifische Reaktionsprodukte gebildet werden.

Immerhin soll nicht geleugnet werden, dafs eine stärkere Ausbildung einer Säftebakteriolyse im überempfindlichen Tiere vorhanden sein könne, obwohl nichts von der Wirkung bei mikroskopischer Untersuchung zu sehen ist und ein anderer Nachweis, etwa durch Reagenzglasversuche bei der Eigenart des Aktinomyces fast unmöglich erscheint. Aber die alleinige Ursache der Überempfindlichkeit kann in der Ausbildung eines Bakteriolysins nicht gesucht werden.

Da somit lediglich eine Reaktion des tierischen Organismus auf die erste Infektion nicht das kausale Moment der Überempfindlichkeit sein kann, schon deshalb nicht, weil es kaum denkbar ist, dafs die Tiere als Reaktion gegen die erste künstliche Infektion einen für sich selbst sehr ungünstigen Stoff produzieren, so bleibt nur die zweite Annahme übrig, dafs von

seiten der eingespritzten Mycelien eine Veränderung im Tierkörper gesetzt wird, welche die zweite Infektion so verhängnisvoll macht. Sie kann dabei durch die Substanz der Pilze selbst oder durch ihre Lebenstätigkeit veranlafst werden.

Unter den von der Seite der Mikrobien ausgehenden Wirkungen käme zuerst ein bakteriolytisches Enzym nach Art der von Emmerich und Loew beschriebenen Pyocyanese in Betracht, welches im gegebenen Falle etwa Aktinomykase zu benennen wäre. Die Annahme eines solchen Stoffes zur Erklärung des überempfindlichen Todes liegt viel näher als die eines nur von Tieren gelieferten Bakteriolysins, da die Dauer der Überempfindlichkeit, wie die künstliche, tuberkulöse und aktinomykotische Infektion zeigt, immer mit dem Zustande des Fortschreitens des Krankheitsprozesses, nämlich mit dem Wachstum der eingespritzten Pilze im Tierkörper, in einem sehr innigen Zusammenhang zu stehen und überdies die nicht spezifische Wirkung dieses Enzyms den schädlichen Einflufs der Aktinomycesinfektion auf tuberkulöse Tiere zu erklären scheint. Doch bleibt auch dann ein grofser Teil der Einwendungen, die gegen die Annahme eines Bakteriolysins oben geltend gemacht wurden, bestehen und namentlich das Fehlen jeder auffälligen Auflösungserscheinung seitens der freien Mycelien im Exsudate spricht ebenso entschieden dagegen wie die Wirkungslosigkeit der Exsudate überempfindlich gestorbener Tiere, die sehr aktinomykasereich sein müfsten.

Von der Substanz der eingespritzten Pilzmycelien könnte schliefslich noch eine Art Tuberkulinwirkung ausgehen und Bail hat bereits darauf aufmerksam gemacht, dafs diese sich bis zu einem gewissen Grade ähnlich wie der überempfindliche Tod verhält, aber auch hier spricht ein Resultat meiner Versuche gegen die Annahme eines fertigen Tuberkulins od. dgl. in Kulturen, nämlich die fast absolute Ungefährlichkeit einer subkutanen Aktinomycesinfektion, selbst wenn sie im äufserst gefährlichen Stadium der Überempfindlichkeit mit einer Pilzmenge ausgeübt wird, welche intraperitoneal stets tödliche Folge hat.

Nach Ausschaltung aller erwähnten Momente bleibt somit nur die Annahme übrig, dafs von den bei der Erstinfektion eingespritzten Pilzen ein Einflufs auf den Organismus ausgeübt wird, den man sich am leichtesten in Form eines Agens vorstellen kann, das, ohne schon in der künstlichen Kultur vorhanden zu sein, erst im Tierkörper selbst entsteht. Dabei kann entweder an eine Art Sekretionsprodukt der Pilze gedacht werden, oder an eine Modifikation ihrer Substanz, für deren Entstehung aber die Annahme besonderer Reaktionsprodukte des Organismus kein Erfordernis darstellt.

Das fragliche Agens müfste etwa folgende Eigenschaften besitzen, um zu einer Erklärung der aktinomykotischen Überempfindlichkeit geeignet zu sein:

1. Es vermag an und für sich den Tierkörper nicht zu schädigen, sei es, dafs es nicht toxisch ist, sei es dafs seine Toxicität durch irgendwelche Schutzvorrichtungen des Organismus leicht unschädlich gemacht wird.
2. Seine Wirkung ist nicht von unbegrenzter Dauer, sondern erreicht, von einem indifferenten Nullpunkte ausgehend, eine gewisse Höhe, von der aus ein allmähliches Absinken erfolgt. Wenn es sich also um einen Stoff handelt, so mufs dieser erst im Tierkörper gebildet werden (innerhalb ca. 1 Woche) und dann einer langsamen Ausscheidung oder Zerstörung unterliegen.
3. Es mufs die Fähigkeit besitzen, den vorher zwar nicht unschädlichen, aber doch nicht zu tödlicher Wirkung befähigten Aktinomycespilz für den Organismus giftig zu machen. Da eine direkte, entweder giftfreimachende oder giftsteigernde Wirkung nach den obigen Ausführungen ausgeschlossen werden kann, so bleibt nur die Annahme einer Abhaltung von Schutzvorrichtungen übrig, welche bei der Erstinfektion tätig waren. In dem Ausbleiben der Leukocyten ist für diese Wirkung ein Hinweis gegeben.
4. Die Schädigung der Abwehrvorrichtungen ist nur bis zu einem gewissen Grade spezifisch, da auch der Tuberkel-

bazillus jenes Agens hervorbringen kann, welches den Meerschweinchenorganismus einer aktinomykotischen Vergiftung zugänglich macht und zum offenbar leichten als der Aktinomycespilz selbst für den Tuberkelbazillus.

Diese Forderungen werden sämtlich erfüllt, wenn man auch für den Aktinomyces die Bildung von Aggressinen im Tiere annimmt. Sie sind an sich unschädlich, setzen aber die Widerstandskraft herab, und ihre Spezifität ist, wie die Versuche von Salus bei Typhusbazillen und Bact. coli gezeigt haben, eine begrenzte.

Dafs der Aktinomyces im Tiere sich eine Zeitlang halten und daselbst auswachsen, ja durch Metastasenbildung sich ausbreiten kann, beweisen die makroskopischen und mikroskopischen Befunde bei der Sektion deutlich, und die Annahme einer Aggressinbildung gewinnt dadurch eine wertvolle Stütze. Es ist freilich nicht gelungen, den Nachweis der Aggressivität im Exsudate überempfindlicher Tiere direkt zu führen; bedenkt man aber, dafs dieser Nachweis auch bei offenbar viel aggressiveren Tuberkelbazillen auf Schwierigkeiten stöfst, die auch von einem geübten Untersucher gelegentlich nicht überwunden werden können, so darf das nicht wundernehmen, und es ist zu hoffen, dafs eine genaue Kenntnis dieses kaum erst der Forschung erschlossenen Gebietes Aufklärung bringen wird. Ein freilich erst vereinzelter Fall eröffnet die Aussicht, auf dem indirekten Wege der Aggressinimmunisierung neue Beweise erbringen zu können.

Allerdings ist auch dieser Fall zunächst wieder nur rätselhaft. Denn wenn es gelingt, mittels des supponierten Aktinomykoseaggressins, das im Exsudate doch nur in sehr geringer Menge vorhanden sein kann, Immunität zu erzeugen, so entsteht sofort die Frage, warum denn diese nicht nach Ablauf der ersten Infektion von selbst entsteht. Die erste Infektion gleicht ja in in vielen Punkten einer Einimpfung eines abgeschwächten Krankheitserregers, einer Pasteurschen Vakzination, welche einen lokalen Krankheitsprozefs zur Folge hat, ohne eine Allgemeininfektion herbeizuführen. Wie aber Bail stets betont hat, ist die Pasteursche Immunisierung nichts anderes als eine Ag-

gressinimmunisierung, nur dafs das betreffende Aggressin nicht künstlich gewonnen, sondern im Tiere selbst erzeugt wird. Durch diesen Hinweis erledigt sich übrigens auch ein anderer, beim ersten Anblick auffälliger Punkt. Denn man könnte fragen, wieso es denn kommt, dafs der Aktinomyces, der doch Aggressin bilden soll, sich vermöge dieser Bildung nicht unbegrenzt in Meerschweinchen ausbreitet. Er verhält sich aber tatsächlich nur wie etwa ein künstlich stark abgeschwächter Milzbrandbazillus, dessen Aggressivität nur sehr schwach, aber doch hinreichend ist, um lokale Vermehrung und damit Krankheit zu erzeugen. Auch die von einer solchen gebildete Aggressivität mufs in den Gesamtorganismus des geimpften Tieres übergehen, sonst wäre die Ausbildung der Immunität nicht verständlich, aber dennoch erfolgt keine Allgemeininfektion. Das dürfte in quantitativen Verhältnissen seinen Grund haben, indem nicht genug Aggressin für ein Wuchern des Milzbrandbazillus gebildet wird, wohl aber genug für die spätere Ausbildung der Immunität, und ähnliches gilt für den Aktinomyces, soweit sein blofses Wachstum im Tiere in Betracht kommt. Damit hängt auch das Mifslingen des Aggressinnachweises im Exsudate überempfindlicher Tiere zusammen. Wenn ein Meerschweinchen in allen Organen tuberkulös ist, so wird sein Organismus von dem im Einzelherde nur in geringer Menge gebildeten Aggressin doch überschwemmt und dieses läfst sich in Körperflüssigkeiten wieder auffinden. Wenn auch bei diesen Nachweisen noch Schwierigkeiten zu überwinden sind, so kann es nicht wundern, wenn der Aggressinnachweis bei der blofs lokalen und gewaltsam herbeigeführten Ansiedlung des Aktinomyces in der Meerschweinchenbauchhöhle auf direktem Wege überhaupt nicht gelingt. Dafs trotzdem der Gesamtorganismus in seinen Schutzkräften gelähmt ist, steht keineswegs ohne Analogie da. Auch während der Reaktion der Pasteurschen Milzbrandvakzination sind Schafe hochgradig milzbrandempfindlich, und die künstliche Immunisierung mit Aggressinmengen, bei denen von einer Überladung des Körpers nicht gesprochen werden kann, ruft ein 8—14 tägiges Stadium ausgesprochener Überempfindlichkeit hervor. Offenbar ruft die äufserlich voll-

kommen reaktionslos bleibende Einverleibung eines Bakterienaggressins eine gewaltige innere Arbeit des tierischen Organismus hervor, deren Mechanismus wir erst in den primitivsten Anfängen erkennen.

Ungelöst bleibt nur die Frage, warum der Ablauf der Überempfindlichkeit bei Aktinomykose nicht zur Immunität, sondern lediglich zur Rückkehr der früheren Körperbeschaffenheit führt. Bei genauer Überlegung ergibt sich aber, daſs das mit den Eigentümlichkeiten jener Mikroorganismen zusammenhängen muſs, welche keine akuten, sondern chronische Krankheiten bedingen. In der Tat ist ja eine Impfung von Meerschweinchen mit einer geringen Menge wenig virulenter Tuberkelbazillen auch einer Pasteurschen Vakzination zu vergleichen: es bildet sich nur ein lokaler Herd wie bei abgeschwächtem Milzbrand. Aber der Meerschweinchenorganismus hat nicht die Fähigkeit, ihn zur Ausheilung zu bringen, er ist nicht imstande, das lokal gebildete Tuberkelaggressin zu überwinden durch Ausbildung eines antiaggressiven Immunzustandes. Ähnlich dürften die Verhältnisse auch bei Aktinomykose liegen, wo sonst der Krankheitsprozeſs nicht fortschreitet. Vielleicht darf aber in diesem Zusammenhange auch darauf hingewiesen werden, daſs Meerschweinchen (infolge ihrer Organisation?) auch für Milzbrandimmunisierung nach Pasteur und selbst für künstliche Aggressinimmunisierung gegen Milzbrand schwer zugängliche Objekte sind. Die Tatsache der gelungenen Tuberkelimmunisierung des Rindes mit menschlichen, also abgeschwächten Tuberkelbazillen (v. Behring, Koch, v. Baumgarten u. a.) weist darauf hin, daſs andere Tiergattungen auch für chronische Krankheiten bessere Resultate erwarten lassen, und der isolierte Fall des Meerschweinchens Nr. 28, bei dem das Ausbleiben der Überempfindlichkeit nur durch Immunität zu erklären ist, läſst die Hoffnung zu, bei künstlicher Aggressineinführung zur Immunität gelangen zu können.

Daſs die Zweitinfektion eines Meerschweinchens im überempfindlichen Stadium ganz vorwiegend das Bild einer akuten Vergiftung darbietet, steht in vollkommener Analogie mit zahlreichen Befunden bei Aggressinversuchen mit anderen Mikro-

organismen. Verleiht man einem Meerschweinchen durch intraperitoneale Injektion von bakterizidem Immunserum die Fähigkeit, in seiner Bauchhöhle Choleravibrionen aufzulösen, und injiziert diese gleichzeitig mit genügend wirksamem Aggressin, so sterben die Tiere an akuter oder chronischer Vergiftung ohne Vibrionenvermehrung. Ähnliches läfst sich noch an neuen Versuchen von Bail und Weil[1]) auch in normalen Tieren (Kaninchen) bei Staphylokokkeninfektion beobachten. Übrigens beweist der Ausfall der Kultur aus den Organen überempfindlich gestorbener Tiere auch eine weitere Ausbreitung lebensfähiger Aktinomycespilze im Körper.

Mit wenigen Worten sei noch auf das Verhältnis der durch Aggressivität erklärbaren aktinomykotischen (und tuberkulösen) Überempfindlichkeit zu den sonst bekannten Fällen dieses merkwürdigen Phänomens hingewiesen. Die Übereinstimmung ist z. B. mit dem Verhalten von Tieren nach Spermatozoen- oder Serumvorbehandlung eine sehr grofse, trotz mancher Verschiedenheiten im Detail, so dafs die Annahme eines gemeinsamen Mechanismus viel Wahrscheinlichkeit hat. Wurde für die aktinomykotische Überempfindlichkeit der Ausfall von Schutzvorrichtungen als ausschlaggebend erkannt, die sonst erfolgreich ein Gift beseitigen können, so kann Analoges auch z. B. für die Überempfindlichkeit nach Spermatozoeninjektion gelten. Nur kann, wie bereits v. Pirquet und Schick richtig bemerkten, nicht eine besondere Aggressivität auch für solche Dinge angenommen werden. Das hindert aber nicht, dafs von fremden Körperflüssigkeiten oder Zellen ein anderer Einflufs auf die entgiftenden Schutzapparate ausgeübt wird, sei es ein direkt toxischer, sei es ein indirekter, etwa der einer Inanspruchnahme in anderer Richtung, so dafs ihre entgiftende Tätigkeit wegfällt. Dafs dabei überdies Reaktionsprodukte des Körpers, insbesondere Cytolysine, ebenfalls beteiligt sein könnten, wurde bereits erwähnt. Es ist zu hoffen, dafs dieses interessante Gebiet zum Gegenstande intensivsten Studiums gemacht wird.

---

1) Wiener klin. Wochenschr., 1906, Nr. 9.

Im nachfolgenden soll mitgeteilt werden, welche Organveränderungen bei der Sektion überempfindlich gestorbener Tiere zu finden sind.

Wie es schon in den Tabellen kurz bemerkt worden ist, enthält die Bauchhöhle wechselnde Mengen von Exsudat, welches gewöhnlich leicht blutig verfärbt, je nach dem Gehalte an zelligen Elementen mehr oder weniger stark getrübt aussieht und eine zähe Beschaffenheit zeigt. In einigen Fällen war die Beimengung vom Blute so gering, daſs das Exsudat schwach bräunlich verfärbt war und beim Zentrifugieren nur Spuren Blut absetzen lieſs. Die Trübung und die Zähigkeit des Exsudates hängt im groſsen und ganzen mit der Länge des Zeitraumes zwischen der letzten Infektion und dem Todeseintritt zusammen. In den Fällen, wo der Tod rasch eintritt, sind sie in der Regel weniger stark als bei den anderen Fällen ausgesprochen. Das Peritoneum ist im allgemeinen deutlich hyperämisch, manchmal kleine insel- oder streifenförmige hämorrhagische Herde zeigend, und stellenweise an der vorderen Bauchwand, am Mesenterium, am Netz und an verschiedenen Baucheingeweiden mit bald älteren festeren, offenbar bei den früheren Infektionen entstandenen, bald frischeren, zarteren, augenscheinlich von der letzten Infektion bedingten fibrinösen Auflagerungen bedeckt. Diese fibrinösen Auflagerungen sind in der Regel an der vorderen Bauchwand zu sehen, wie es mit der Körperlage der Tiere im Zusammenhange zu stehen scheint. Mikroskopisch enthält das Exsudat eine wechselnde Anzahl von Leukocyten und spärliche Makrophagen, die zum Teil in ihrem Protoplasma verschieden groſse Mengen von Aktinomyces enthalten und als Phagocyten wirken. Neben diesen Mikro- und Makrophagen sind noch abgestoſsene Peritonealendothelien zu finden. Freie Mycelien sind gewöhnlich im Exsudate überempfindlich gestorbener Tiere sehr spärlich oder fast gar nicht zu sehen. Die fibrinösen Auflagerungen enthalten in wechselnder Zahl freie Mycelien und massenhafte Mikro- und Makrophagen, welche stets eine lebhafte Phagocytose zeigen. Auſser diesen fibrinösen Auflagerungen ist das Peritoneum von zahlreichen mohnkorn- bis erbsengroſsen, teils grau

durchscheinenden, tropfenartigen, teils, und zwar bei den gröfseren, graugelblich trüben Knötchenformationen durchsetzt, die eine beginnende aktinomykotische Veränderung darbieten.

Das Grofsnetz ist immer stark nach oben gegen die grofse Kurvatur des Magens zusammengefaltet und immer mit der Unterfläche des linken Leberlappens, sehr oft mit den Darmschlingen und der vorderen Bauchwand fest verwachsen. Aktinomykotische Veränderungen sind in der Regel an diesem Netz am deutlichsten zu sehen und treten als mehrere meist mohnkorn-, hanfkorn- bis bohnengrofse, selten noch etwas gröfsere kugelige oder ovoide, gelbliche undurchsichtige Knötchen in Erscheinung, welche bald mehr isoliert, bald vielfach konfluiert zu sehen und stellenweise blutig gefleckt sind. Die Knötchen sind im allgemeinen in den anfänglichen Stadien der Infektion teigig weich und enthalten eine gelbliche schmierige, talgartige Gewebsmasse, welche mikroskopisch aus massenhaften, eine deutliche Nekrobiose zeigenden, lebhaft als Phagocyten wirkenden Zellen und einer grofsen Anzahl von freien Mycelien bestehen. Im weiteren Verlaufe der Infektion verdichten sich die Knötchen allmählich und wandeln sich schliefslich nach einem langen Zeitraume in derb anzufühlende, knotige oder strangförmige, narbigfibröse Gewebsmassen um, welche am Durchschnitte mehrere kleine, unscharf umgrenzte, käsige Herde in den zentralen Anteilen enthalten. In einzelnen Fällen waren die eben beschriebenen aktinomykotischen Knötchenformationen auch am Duodenum sowie an der Porta hepatis wahrzunehmen.

Die Leber ist stellenweise an ihrer Kapsel leicht fibrinös belegt und zeigt an verschiedenen Stellen der Aufsenfläche, und zwar in der Spalte der Lappungen, am Lig. falciforme hepatis und an der Umschlagsstelle des Peritoneums zur Unterfläche des Zwerchfells mehrere submiliare, miliare, selten bis kleinerbsengrofse Knötchen, entsprechend welcher die Leber manchmal mit bena chbarten Organen verwachsen ist. Ihr Parenchym ist bald etwas blässer, bald wie gewöhnlich bluthaltig oder etwas hyperämisch, bisweilen etwas geschwollen und getrübt (trübe Schwellung). Eine Metastasenbildung aktinomykotischer Herde im Leber-

parenchym war nur in vier Fällen wahrzunehmen. Drei Fälle davon (Nr. 7, 27 und 48) zeigten je ein kleines (reiskorn- und hanfkorngrofses) Knötchen, während in einem anderen Falle (Nr. 57) mehrere mohnkorn- bis hanfkorngrofse Herde zu erkennen waren. Alle diese im Leberparenchym vorkommenden aktinomykotischen Knötchen boten dabei dieselben Beschaffenheiten der oben erwähnten Knötchen am Peritoneum und am Grofsnetz dar. Bei der mikroskopischen Untersuchung vom Lebersafte fand man nur selten spärliche Leukocyten, welche eine verschiedene Anzahl von Mycelien in sich enthielten und sich als Phagocyten zeigten.

Die Milz ist im allgemeinen von normaler Gröfse, entweder leicht hyperämisch oder von normalem Blutgehalte. Ihre Kapsel ist mehr oder weniger stark von fibrinösen Auflagerungen bedeckt und bisweilen mit der seitlichen Bauchwand verklebt. Sehr oft findet sich eine kleine Anzahl von aktinomykotischen Knötchen an ihrem oberen und unteren Pole oder an ihrem Hilus. Eine Metastase in diesem Organe war niemals makroskopisch zu erkennen. Eine mikroskopische Untersuchung des Milzsaftes ergibt selten Mycelien enthaltende Phagocyten.

Die Nieren sind entweder von normalem oder etwas vermehrtem Blutgehalte. Ihre Kapsel ist leicht abzuziehen. Ihr Parenchym ist von gewöhnlichem Aussehen, zuweilen zeigt es aber eine geringgradige Trübung. In mehreren Fällen zeigte die Niere entweder einseitig oder beiderseitig eine verschiedene Anzahl von submiliaren, grau durchscheinenden Knötchenbildungen, welche sich als eine Metastase an der Aufsen- sowie in der Durchschnittsfläche darstellten. Mikroskopisch zeigt der Nierensaft fast niemals Mycelien.

Die Nebennieren sind in allen Fällen vollkommen normal.

Die Harnblase und der harnleitende Apparat sind normal. Bisweilen sind kleine Knötchenbildungen an der Sorosa der Harnblase zu sehen.

Die Genitalorgane sind ebenfalls im allgemeinen normal. Bei den männlichen Tieren war manchmal am Ende des Processus vaginalis ein bis kleinerbsengrofses aktinomykotisches Knötchen zu erkennen.

Die Schleimhaut des Magens und des Darmes zeigte bis auf eine geringgradige Hyperämie keine besonderen pathologischen Veränderungen.

Die Mesenterialdrüsen sind allenthalben kleinerbsen- bis kaffeebohnengroſs. Die Gröſse derselben ist je nach der Gröſse der Tiere verschieden. Ihre Schnittfläche ist immer markig grauweiſs, niemals zeigten sich aktinomykotische Herde.

Die Pleurahöhlen enthalten gewöhnlich nur wenige Tropfen seröser oder leicht zäher Flüssigkeit. Die Pleura parietalis ist meist etwas hyperämisch, dabei zeigt sie selten, besonders in den Fällen, wobei die Tiere etwas länger nach der Erstinfektion am Leben geblieben sind, wenige bis erbsengroſse, kugelig in die Brusthöhle vorragende graue oder graugelbliche Knötchen von derberer Konsistenz, vorwiegend an der vorderen Brustwand. Mikroskopisch findet man im Pleuralexsudate, regelmäſsig mit normalen Mikro- und Makrophagen gemischt, eine kleine Anzahl von Aktinomyces enthaltenden Phagocyten.

Die Lungen sind meist normal, überall lufthaltig. Ab und zu finden sich kleine atelektatische Herde. Eine Knötchenformation, welche auf eine Bildung von Metastasen zurückzuführen ist, war niemals im Lungenparenchym wahrzunehmen. Die mikroskopische Untersuchung auf Aktinomyces im Lungensaft war stets vollkommen negativ.

Im Herzbeutel finden sich einige Tropfen seröser Flüssigkeit. Das Herz ist von normaler Formation und liegt fast stets im diastolischen Stillstande. Sein Fleisch sieht manchmal etwas matt aus (trübe Schwellung). Mikroskopisch erweist die Herzbeutelflüssigkeit stets eine kleine Anzahl von Aktinomyces enthaltenden Mikro- und Makrophagen, während das Herzblut in allen Fällen frei von Mycelien erscheint.

Eine histologische Untersuchung[1]) der oben erwähnten Knötchenformationen und verschiedenen Organe ergab folgendes:

---

1) Die Untersuchung von vielen Fällen ist noch im Gange; deren Resultate sollen später in einer anderen Arbeit genau mitgeteilt werden.

Zartere, flockenartige, offenbar durch die letzte Infektion wenige Stunden vor dem Todeseintritt entstandene Auflagerungen an verschiedenen Stellen der Peritonealoberfläche bestehen allenthalben aus lockerem Fibringerinnsel, das bald eine relativ geringe, bald eine enorme Menge von Mikro- und Makrophagen enthält, welche nach der Gramschen Methode eine lebhafte Phagocytose erkennen lassen. Ferner findet man stets in diesem Fibringerinnsel eine grofse Anzahl von freien, meist stäbchenförmigen Aktinomycespilzen. Stellenweise sind auch mehrere kleine Teilstückchen von Aktinomyceskolonien und kleine Agarstückchen, welche bei der Verfertigung der Aufschwemmung weggekratzt und mitinjiziert sind, vorhanden.

Ältere festere Auflagerungen bestehen ebenfalls aus bald lockerem, bald etwas massiv aussehendem Fibringerinnsel, welches zahlreiche, deutliche Phagocytose zeigende Mikro- und Makrophagen enthält und an vielen Stellen, besonders am eigentlichen Peritonealgewebe in einer lebhaften Organisation begriffen ist. Hie und da in dieser Fibrinmasse fallen zahlreiche verschiedengrofse, kugelige oder ovoide, gegen die Umgebung scharf umgrenzte, hellere Herde auf, welche bei der makroskopischen Betrachtung als kleine, grau durchscheinende Knötchen wahrzunehmen sind und mikroskopisch vorwiegend aus stark fettig degenerierten Zellen bestehen. Im Zentrum der knotigen Herde kommen kleine kugelige oder etwas längliche Rasen von Aktinomyces vor, welche oft eine typische strahlige Anordnung darbieten. Wenige Pilzrasen erscheinen dabei an ihren peripheren Anteilen sehr dicht und in den zentralen Abschnitten etwas lockerer, so dafs man bei der Untersuchung sofort an den Bau der typischen Aktinomycesdrusen erinnert wird. Somit erweisen die eben beschriebenen knotigen Herde sich als beginnende aktinomykotische Knötchenformationen. Einzelne ebensolche Knötchen sind dabei nur aus zerfallenen Zellen gebildet und zeigen auf Serien keine Pilzlager.

Das Bindegewebe des Peritoneums, des Grofsnetzes und des Mesenteriums ist im allgemeinen schwach ödematös durchtränkt und zeigt überall eine deutliche zellige Wucherung und eine

starke Vaskularisation. In ihm findet man stellenweise Herde von entweder hyaliner oder schleimiger Degeneration. Auch in diesen fibrösen Anteilen findet sich eine kleine Anzahl knotiger Herde von degenerierten Zellen, welche kleine Aktinomycesrasen in ihrem Zentrum enthalten und eine enorm starke Zellenwucherung in ihrer Umgebung zeigen. Hie und da kommen spärliche längere Mycelfäden im peritonealen Bindegewebe vor, welche zwischen den Bindegewebsfaszikeln schlängelnd verlaufen und oft eine deutliche Verzweigung erkennen lassen.

Die den gröſseren Knötchen am Groſsnetz und an den verschiedensten Stellen der Peritonealhöhle entnommenen Schnitte erwiesen im groſsen und ganzen in einem bestimmten Stadium der Infektion ein übereinstimmendes Bild.

Die Knötchenbildungen, 6—9 Tage nach der Infektion, bestehen allenthalben aus einem sehr zellenreichen, stark vaskularisierten Bindegewebe und einem ebenso gefäſsreichen, stellenweise kleine mehrkernige Riesenzellen enthaltenden Granulationsgewebe und lassen stets als Reste der Auflagerungen verschieden groſse Herde von Rundzellenanhäufungen und teils in einer deutlichen Organisation begriffenes Fibringerinnsel erkennen. Im Bindegewebe und Granulationsgewebe, sowie in den Rundzellenanhäufungen, kommen zahlreiche kleine kugelige oder ovoide Herde vor, welche hauptsächlich aus zahlreichen in einer deutlichen Nekrobiose begriffenen, stark aufgelockerten Zellen (meist polynukleären Leukocyten) bestehen, in ihrer Umgebung leicht kleinzellig infiltriert sind und in ihrem Zentrum je eine kleine Aktinomycesdruse enthalten (Taf. VI, Fig. 2 u. 3). Einzelne Drusen zeigen dabei mannigfaltige Formen. Dieselben sind bald mit zahlreichen Ausläufen versehen und bieten eine typische asterförmige Figur, bald vielmehr scharf konturiert, und sehen kompakt aus. Wenige davon erscheinen in den mittleren Abschnitten etwas locker und deuten die Bildung eines sog. inneren Hohlraumes an, während andere nur an einer Seite dichter und an der entgegengesetzten Seite lockerer gebildet sind und an das Bild eines sog. Wurzellagers erinnern. Eine wechselnde Zahl

der Drüsen trägt dabei an ihrer Peripherie typische Keulen (Taf. VII, Fig. 1), welche teils einfach aussehen, teils in zwei oder drei quere Glieder fragmentiert erscheinen. Niemals konnte man sog. gablige oder fingerartige Teilung der Keulen konstatieren. Nach Gram ist ein Teil der Drüsen intensiv färbbar, während ein anderer Teil derselben, der sich meist in fibrösen Abschnitten der Knötchen eingebettet findet, fast gar nicht oder nur partiell sich tingieren lassen. Bisweilen waren die Keulen auch durch die Gramsche Methode schwach bläulich gefärbt.

Ca. 3 Wochen alte Knötchen bestehen vor allem aus etwas älterem Granulationsgewebe, welches an vielen Stellen faserige Struktur zeigt und stellenweise hyalin homogenisiert erscheint. In diesem Granulationsgewebe finden sich zahlreiche Aktinomycesdrusen, welche ein sehr merkwürdiges Aussehen darbieten. Dieselben sind meist sehr klein, teils kugelig, teils ovoid oder etwas unregelmäſsig gestaltet, färben sich nicht mehr nach Gram und lagern sich entweder in einer enorm groſsen Riesenzelle (Fremdkörperriesenzellen) mit mehreren wandständigen Kernen (Taf. VII, Fig. 2) oder in einer ganz kleinen Rundzellenanhäufung, welche in ihrer Umgebung eine wechselnde Zahl von Riesenzellen (Langhansscher Typus) erkennen lieſs. Wenige von solchen Drusen enthaltende Rundzellenanhäufungen sind von einer Reihe der Riesenzellen ringsum umschlossen (Taf. VII, Fig. 3). Einzelne Drüsen sind dabei deutlich verkalkt (phosphorsaurer Kalk) und lassen sich entweder als durch Hämatoxylin tief gefärbte Gewirre oder als stark lichtbrechende, schwach gelbliche Bröckchen erkennen. Einige verkalkte Drüsen zeigen noch ihre ursprüngliche radiäre Anordnung (Taf. VII, Fig. 4). Auch finden sich verkalkte Drusen, welche in Riesenzellen eingeschlossen sind (Taf. VII, Fig. 5). Alle bisher erwähnten histologischen Befunde ergeben, daſs die aktinomykotischen Prozesse in diesen älteren Knötchen zur Heilung neigen. Sehr wenige Drusen in diesen Knötchen sind noch wohl erhalten und mit typischen Keulen ausgestattet.

Das Leberparenchym ist von verschiedenem Blutgehalte und fast immer in interlobulärem Bindegewebe leicht kleinzellig infiltriert. Stellenweise, besonders in der Nähe der Verwachsung der Leberkapsel mit aktinomykotischen Knötchen, finden sich mehrere kleine Lymphocytenanhäufungen zwischen den Leberbalken. Entsprechend der makroskopisch sichtbaren Trübung, zeigen die Leberzellen in der subkapsularen Zone und in der Umgebung des interlobulären Bindegewebes eine Quellung von verschiedener Stärke und eine gröbere Granulation in ihren blafs färbbaren Protoplasmen, welche als trübe Schwellung aufzufassen sind. Einzelne Leberzellen in diesen geschwollenen Partien sind nicht aufgequollen, sondern von anderen aufgequollenen stark komprimiert, unregelmäfsig spindel- oder pyramidenförmig gestaltet und mit Eosin intensiv rot gefärbt. In den Gramschen Präparaten der Leber finden sich hie und da spärliche Leukocyten, welche eine Anzahl von stäbchenförmigen Aktinomycespilzen enthalten und als Phagocyten wirken.

Ein metastatisches Knötchen im Leberparenchym lagert sich in einer Stelle des interlobulären Bindegewebes ein und stellt sich als eine mehrere kleine Aktinomycesrasen enthaltende Rundzellenanhäufung dar. Eine Bildung von Keulen war in diesem Herde nicht zu finden.

Die Milz ist ebenfalls von verschiedenem Blutgehalte, sonst zeigt sie im allgemeinen keine besonderen pathologischen Veränderungen. Einmal war eine ganz kleine Pilzmasse in der subkapsularen Zone in einem Schnitte getroffen, welche dem jüngsten Stadium der Metastase entsprach (Taf. VII, Fig. 6). Bei dieser Pilzmasse strahlten einige kürzere, stellenweise deutlich verzweigte Mycelfäden von einem punktförmigen Zentrum aus. Nach Gram zeigt die Milz ebenso wie die Leber spärliche Mycelien enthaltende Phagocyten.

Die mikroskopische Untersuchung der Nieren zeigt keine grofsen pathologischen Veränderungen. In einzelnen Fällen sehen die Epithelien der gewundenen Harnkanälchen etwas geschwollen aus. Die makroskopisch erkennbaren submiliaren Knötchen

stellen sich als knotige Rundzellenanhäufungen dar, welche in ihrem Zentrum kleine grazile Aktinomycesrasen enthalten und als beginnende Metastasenbildungen erscheinen. Einzelne Knötchen zeigen dabei in Hämatoxylin-Eosinpräparaten gar keine Drusenbildung, während dieselben nach der Gramschen Färbung lockere Pilzmassen erkennen lassen (Taf. VII, Fig. 7).

Die Schleimhaut des Magens und des Darmes ist in allen Präparaten von vollkommen normalem Aussehen.

Die Lungen sind ebenfalls normal, bisweilen zeigen sie, dem makroskopischen Befunde entsprechend, kleine atlektatische Herde.

Das Herz ist auch in vielen Fällen normal, manchmal sieht das Myocard etwas verwaschen aus.

Um die Verteilung des Pilzes im Tierkörper zu untersuchen, wurde der Gewebssaft aus verschiedenen Organen auf Agar abgeimpft; die erhaltenen Resultate sind der Kürze halber in der nebenstehenden Tabelle (S. 306/07) zusammengestellt. Bei der Anlegung der Kulturen wurde die Oberfläche der Organe immer zweimal mit einer glühenden Eisenplatte abgebrannt, hierauf vorsichtig eine kleine Öse vom Gewebssafte entnommen und geimpft. Die Kolonien wurden dabei 4—5 Tage nach der Impfung gezählt.

Wie aus der Tabelle (S. 306 u. 307) zu ersehen ist, enthält das Bauchhöhlenexsudat bei der Suprainfektion gestorbener Tiere immer eine grofse Zahl von kultivierbaren Aktinomyceskeimen, während zwei 5 Tage nach der letzten Infektion verblutete Meerschweinchen eine beträchtliche Verminderung derselben zeigten.

Leber- und Milzsaft der binnen kürzerer Zeit nach der Suprainfektion gestorbenen Tiere enthalten ebenfalls ziemlich zahlreiche Keime, während Nieren- und Lungensaft, sowie Herzblut derselben Tiere im allgemeinen weniger stark infiziert erscheinen, so dafs die kulturelle Untersuchung manchmal ein negatives Resultat ergab.

Interessant ist es, dafs die Tiere, welche wenige Tage nach der Suprainfektion verblutet oder durch einen Kopfschlag getötet

Tabelle XVII.

Nr. d. Tiere	Bauchexsudat	Lebersaft	Milzsaft	Nierensaft	Herzblut	Lungensaft	Bemerkungen
1	zahlreich	30	32	—	6	—	† 23 1/2 Stunden nach der 2. Injektion.
2	sehr zahlreich	39	26	0	1	7	† 5—16 » » » 4. »
3	» »	zahlreich	57	0	3	5	† 10—22 » » » 2. »
4	» »	37	92	—	4	15	† 7 » » » 4. »
5	» »	31	ca. 100	—	6	16	† 10—21 » » » 2. »
6	» »	ca. 150	21	—	1	14	† 47 1/2 » » » 2. »
7	» »	98	101	—	0	—	† 6 » » » 2. »
8	» »	28	15	27	5	6	† 57 1/2 » » » 2. »
10	» »	46	79	2	12	0	† 5 1/2 » » » 2. »
11	» »	37	49	0	0	38	† 8 » » » 2. »
16	» »	4	8	3	0	—	† 10—22 » » » 3. »
17	» »	126	ca. 150	2	6	—	† 5 1/2 » » » 3. »
18	zahlreich	12	3	1	0	6	† 26 1/2—27 1/2 Stunden nach der 2. Injektion.
20	61	0	0	—	0	—	verblutet 5 Tage nach der 3. Injektion.
21	sehr zahlreich	zahlreich	zahlreich	—	0	—	† 8—22 Stunden » » 3. »
22	zahlreich	6	39	2	2	—	† 28 » » » 2. »
23	sehr zahlreich	23	132	1	7	—	† 19 1/2 » » » 2. »
24	» »	53	28	—	1	—	† 8—22 » » » 2. »
25	» »	53	ca. 100	0	13	—	† 16 1/2 » » » 2. »
26	» »	ca. 150	104	1	3	6	† 19 » » » 2. »
27	» »	16	22	—	1	—	† 8—22 » » » 2. »
28	» »	59	72	—	0	—	† 9—23 » » » 3. »
29	» »	zahlreich	87	5	4	—	† 6 » » » 2. »

30	sehr zahlreich	47	ca. 100	—	1	—	† 8—22 Stunden nach der 2. Injektion.
31	» »	23	27	—	0	—	† 23 » » » 2. »
32	» »	132	ca. 150	3	2	28	† 5 1/2 » » » 2. »
33	» »	ca. 150	ca. 150	1	2	—	† 5 1/2 » » » 2. »
34	» »	37	12	—	1	—	† 8—22 » » » 2. »
37	47	0	0	—	0	—	verblutet 5 Tage » » 3. »
38	sehr zahlreich	ca. 100	ca. 150	—	0	—	† 8—22 Stunden » » 2. »
40	» »	35	33	—	0	—	† 8—22 » » » 2. »
41	» »	26	63	4	1	—	† 25 » » » 2. »
42	» »	9	11	0	0	—	† 9—21 » » » 2. »
43	» »	94	109	4	5	—	† 9—21 » » » 2. »
44	» »	58	ca. 100	10	11	—	† 6 1/2 » » » 2. »
45	» »	6	—	—	0	—	† 10—21 » » » 5. »
46	» »	53	8	—	1	—	† 10—21 » » » 5. »
47	» »	3	26	0	0	—	† 10—23 » » » 2. »
48	» »	71	82	2	0	—	† 9—21 » » » 2. »
49	—	0	0	0	0	—	getötet 3 Tage » » 3. »
50	sehr zahlreich	ca. 150	ca. 100	1	1	—	† 9 1/2—21 » » » 2. »
51	» »	55	48	1	6	—	† 8 » » » 2. »
52	» »	82	94	—	9	—	† 9 1/2 » » » 2. »
53	» »	59	52	—	1	—	† 10 » » » 2. »
54	ca. 150	7	13	—	0	—	† 9—21 » » » 2. »
55	zahlreich	10	18	—	0	—	† 9—21 » » » 2. »
56	sehr zahlreich	zahlreich	72	1	3	—	† 7 1/2 » » » 2. »
57	ca. 100	97	82	—	1	—	† 9—21 » » » 2. »
58	ca. 100	10	62	—	0	—	† 5 1/2 » » » 2. »
60	sehr zahlreich	21	12	—	0	—	† 21 » » » 2. »

wurden, sowohl im Herzblute als in den Organen vollständige Sterilität zeigten. Ob diese Beseitigung des Pilzes in den Organen auf die Wirkung von Humoralbakteriolyse oder auf die Funktion der bakterienvernichtenden Zellen (Mikro- und Makrophagen) oder auf irgend einen andern Moment zurückzuführen ist, soll nicht entschieden werden. Nach diesem Resultate der kulturellen Untersuchung vermute ich, dafs die Aktinomyceskeime, welche sich überall im Körper der bei der Suprainfektion gestorbenen Tiere verbreitet finden, hauptsächlich aus der letzten Infektion abstammen.

Was den Modus der Verbreitung des Pilzes im Tierkörper anbelangt, so bin ich der Meinung, dafs es sich hier nicht um eine Septikämie handelt, sondern dafs die Kolonien in Kulturen hauptsächlich aus Aktinomyceskeimen von den in die Organe eingewanderten und zum Teil in die Zirkulation gelangten Phagocyten ausgewachsen sind, da man bisweilen den Aktinomyces enthaltende Phagocyten sowohl in Abstreif- als in Schnittpräparaten von verschiedenen Organen nachweisen konnte, während ein freies Wachstum des Pilzes weder in Organen noch im Herzblute wahrzunehmen war.

Jedenfalls besitzt der Befund, dafs der Tierkörper nach der künstlichen Infektion überall mit dem Pilze stark infiziert ist, eine grofse Bedeutung für die Mycopathologie des Aktinomyces, da die Entstehung der metastatischen Herde dadurch sehr leicht erklärlich ist. Auffällig ist aber an meinen Resultaten, dafs die Metastasen in der Leber und der Milz, welche immer eine grofse Zahl der Keime enthalten, seltener (3 mal in der Leber und 1 mal in der Milz) als in den Nieren (12 mal), die gewöhnlich eine wenigere Pilzmenge enthalten, in Erscheinung treten. Als Ursache des stärkeren Pilzgehaltes der Leber und der Milz im Vergleich zu anderen Organen dürfte in Betracht kommen, dafs diese beiden Organe sich intraperitoneal lagern und daher die Phagocyten leichter in sie einwandern können.

Alle aus dem Exsudate und den Organen gezüchtete Kulturen zeigten immer ein und dasselbe Aussehen und liefsen gegen-

über den Originalkulturen keine wesentlichen Unterschiede erkennen. Auch an Virulenz konnte man weder eine erhebliche Steigerung noch eine Herabsetzung nach mehrmaliger Passage finden.

Es sei mir erlaubt, im nachfolgenden noch über die Resultate eigener kultureller Untersuchung des Pilzes im Exsudate oder zentrifugierten Satze desselben kurz zu berichten. Dieses als Nährboden angewendete Exsudat, welches gewöhnlich eine grofse Menge von phagocytierten Pilzen enthält, wurde einige Tage lang im Brutschrank (37° C), dann entweder weiter noch in diesen, oder in Zimmertemperatur gestellt und ab und zu untersucht.

Kulturell wächst der Pilz im Exsudate nach einigen Tagen in Form kleiner Körnchen an der der Luft zugewandten Oberfläche, welche ziemlich rasch an Gröfse zunehmen, und konfluiert, eine grauweifsliche, flockenartige, trocken aussehende, ungleichmäfsig dicke Oberhaut bilden. Eine sehr frühzeitige mikroskopische Untersuchung des Nährexsudates ergibt mannigfaltige Bilder des Auswachsens des Pilzes aus Phagocyten, welche im grofsen und ganzen dem oben beschriebenen Auswachsungszustande des Pilzes im Tierkörper entsprechend aussehen. Einzelne Mycelien stellen sich dabei als leicht wellenförmig umgebogene, echte Verzweigungen zeigende Fäden dar, welche entweder nach der Gramschen Methode oder der Karbolfuchsinfärbung anfangs mehr solid, später vielfach fragmentiert aussehen. Sehr oft findet man, wie im Tierkörper, leichte Anschwellungen am freien Ende der Mycelien, welche eine kleine knopfförmige oder etwas lang ausgezogene Gestalt darbieten. Einmal gelang es im Absatze des Exsudates eines Tieres (Nr. 60) kleine keulenartige, stark lichtbrechende, grammbeständige Anschwellungen (Fig. 1, Taf. V) am Ende aller Pilzzweige nach 4 Tagen (2 Tage im Brutschrank und 2 Tage in Zimmertemperatur) zu erzeugen. Bei einer nach 2 Tagen ausgeführten mikroskopischen Untersuchung zeigten schon die auswachsenden jungen Pilzfäden in diesem Exsudatabsatze deutliche Verdickungen am Zweigende,

welche in weiteren 2 Tagen noch etwas deutlicher in Erscheinung traten. Bis zum 7. Tage, wo die Pilzmasse fast ganz zur Untersuchung verbraucht worden war, blieben diese keulenartigen Endauftreibungen der Pilzzweige fast unverändert, während die Mycelfäden etwas stärker als früher fragmentiert erschienen. Betreffs der Natur der bisher erwähnten Verdickungen am Zweigende der Mycelien bin ich der Meinung, dafs sie Vorstadien der sog. Aktinomyceskeulen sind, da ich in eigenen Versuchen nachweisen konnte, dafs die zweifellosen Keulenformationen schon 7—9 Tage nach der künstlichen Infektion zu erkennen sind.

Über das Vorkommen solcher keulenartiger Endauftreibungen des Aktinomyces aufserhalb des Körpers findet man in der Literatur sehr selten Angaben (Bruns und Wright), während die geringgradigen Anschwellungen öfters beschrieben wurden. Soweit ich die Literatur kenne, beobachtete noch niemand solche Bildungen in so frühen Stadien. Nach Wright tritt die Formation in den Kolonien auf künstlichen Nährböden nur dann auf, wenn sie Körperflüssigkeiten, Blut, Serum oder seröses Exsudat enthalten.

Ein kurzer Überblick über die Bedeutung der Aktinomyceskeulen sei im folgenden gegeben. Während sie schon Harz als Konidien aussprach, ist man neuerdings mehr geneigt, in ihnen etwas Pathologisches zu sehen. Bostroem hielt sie für eine Vergallertung der Pilzherde am Ende des Fadens. Babes meinte, dafs die Keule verdickte Scheide oder Kapsel ist, welche das Fadenende kappenartig überzieht. Coppen-Jones erklärte sie als Apposition aus fremdem Material von umgebenden Veränderungen und betrachtete sie als hyaloide kappenartige Aufsätze auf den Enden der Fäden. Lubarsch nahm die Keulen für Hemmungsmifsbildungen infolge mangelnden Raumes bei sonst günstigen Bedingungen der Ernährung an.

Gegen die Anschauung von Coppen-Jones spricht, dafs die Keulen manchmal im jüngsten Stadium noch Grammbe-

ständig sind, was wohl ein durch eine Apposition an Fadenenden aufgesetztes, fremdes Material nicht zeigen kann. Gegen die Auffassung von Lubarsch spricht, dafs die Keulen nicht nur auch im aktinomykotischen Gewebe, sondern auch im Exsudate, welches in räumlichen Verhältnissen sonst keine Hemmung gegen das Auswachsen des Pilzes ausübt, hervortreten können. Obwohl die Ansicht von Harz, die Keulen als Fruktifikationsprodukte des Pilzes aufzufassen, schon zurückgewiesen erscheint, so halte ich doch die Meinung von Bostroem, welcher sie als Degenerationsprodukte annimmt, für nicht zutreffend, da die Bildungen, welche für Vorstadien der Keulen entsprechen, schon im jüngsten Auswachsungsstadium der Pilze nachzuweisen sind, in welchem die Fäden übrigens kein Zeichen der Degeneration zeigen, sondern in einem sehr lebhaften Wachstum begriffen sind. Das Vorkommen der Keulen am freien Ende der Mycelfäden, wo das Wachsen des Pilzes gerade am stärksten ist, spricht ebenfalls gegen eine Degeneration. Wenn die Keulen wirklich Degenerationsprodukte, wie Bostroem meinte, oder kappenartige Aufsätze aus fremdem Material von der Umgebung, wie Coppen-Jones annahm, wären, so sollen dieselben Verdickungen der Mycelien in der Exsudatkultur, in der die ganze Pilzmasse in denselben Lebensbedingungen ausgesetzt ist, an allen Abschnitten der Pilze auftreten. Aber die Tatsachen sprechen ganz dagegen; die keulenartigen Auftreibungen sind im Exsudate wie im Gewebe nur speziell an den Enden der Mycelien zu konstatieren. Ferner bestehen Einwände gegen die Degenerationstheorie insofern, als die Pilzzweige, welche an ihrem freien Ende keulenartige Auftreibungen tragen, noch weiter zu wachsen imstande sind, wie ich dies bei der Untersuchung der Exsudatkultur vom Tiere Nr. 60 beobachtet habe.

Daher bin ich der Meinung, dafs es sich bei den Aktinomyceskeulen um spezifische Reaktionsprodukte des Pilzes handelt, welche infolge der Einwirkung der Körperbestandteile, resp. der Körperflüssigkeiten, wie Wright angegeben hat, am Ende der Mycelfäden auftreten.

Die Körnchen an der Oberfläche des Nährexsudates erweisen sich als Gewirre von Pilzfäden, welche nach allen Richtungen zahlreiche strahlige, stellenweise deutlich verzweigte Ausläufer austreiben. Einzelne Fäden sehen am Anfang mehr solid und in späteren Stadien vielfach fragmentiert aus. Die leichten Auftreibungen am Mycelende sind ebenfalls öfters in diesen Pilzmassen zu erkennen.



Fig. 1.



Fig 2.

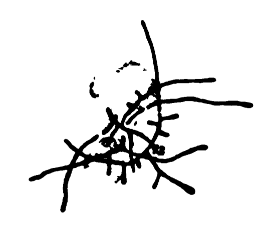


Fig. 3.



Fig. 4.



Fig. 5.



Fig. 6.

Verlag von R. Oldenbourg, München u. Berlin.

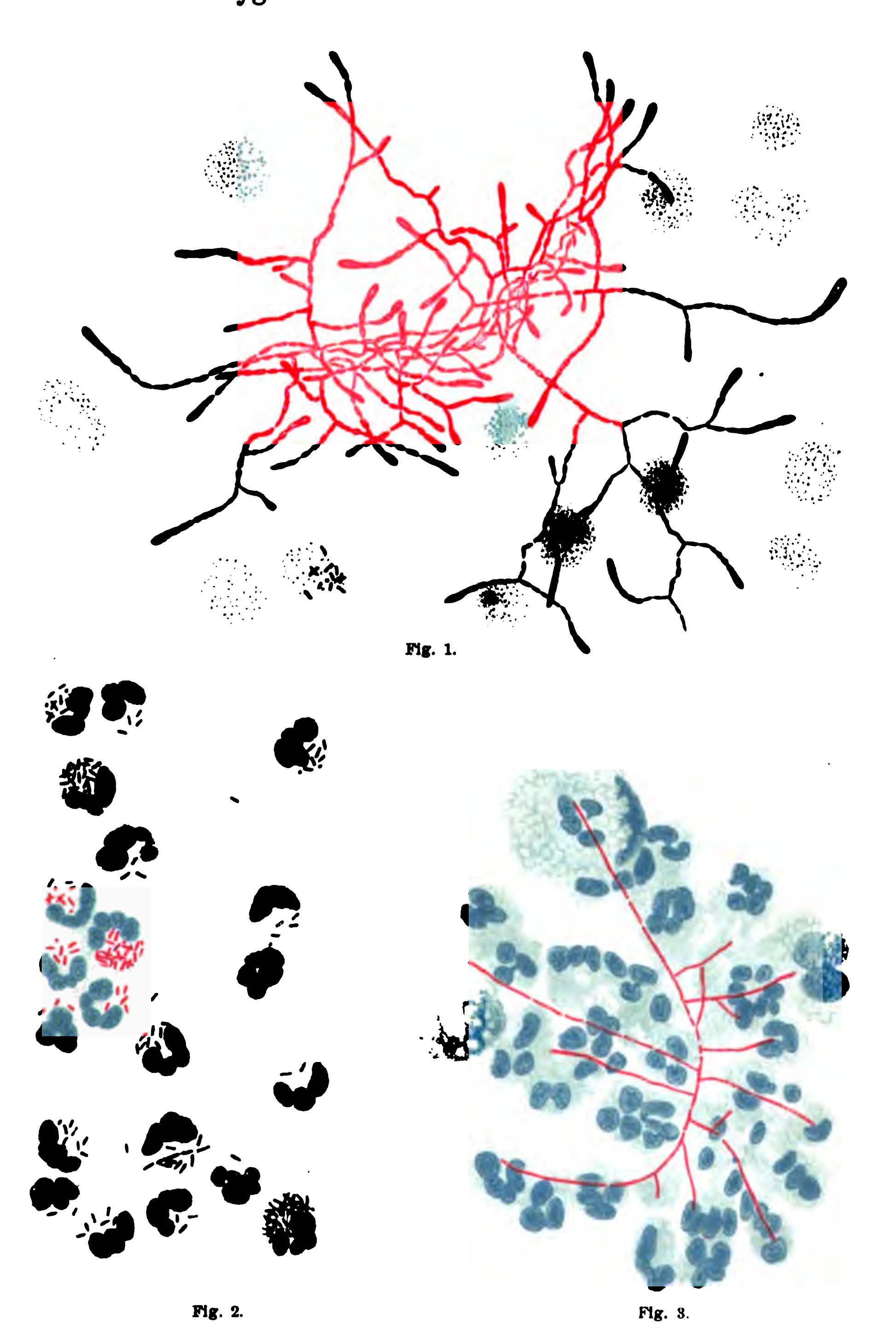


Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

Verlag von R. Oldenbourg, München und Berlin.



Fig. 1.

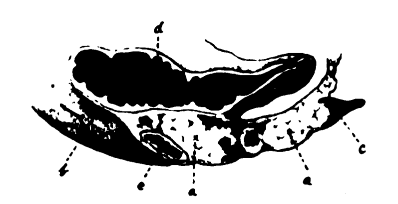


Fig. 2.

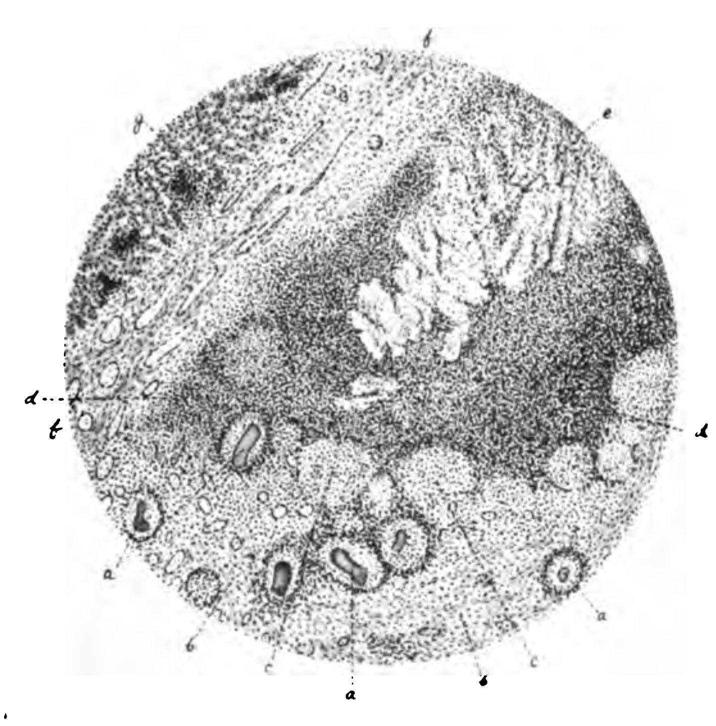
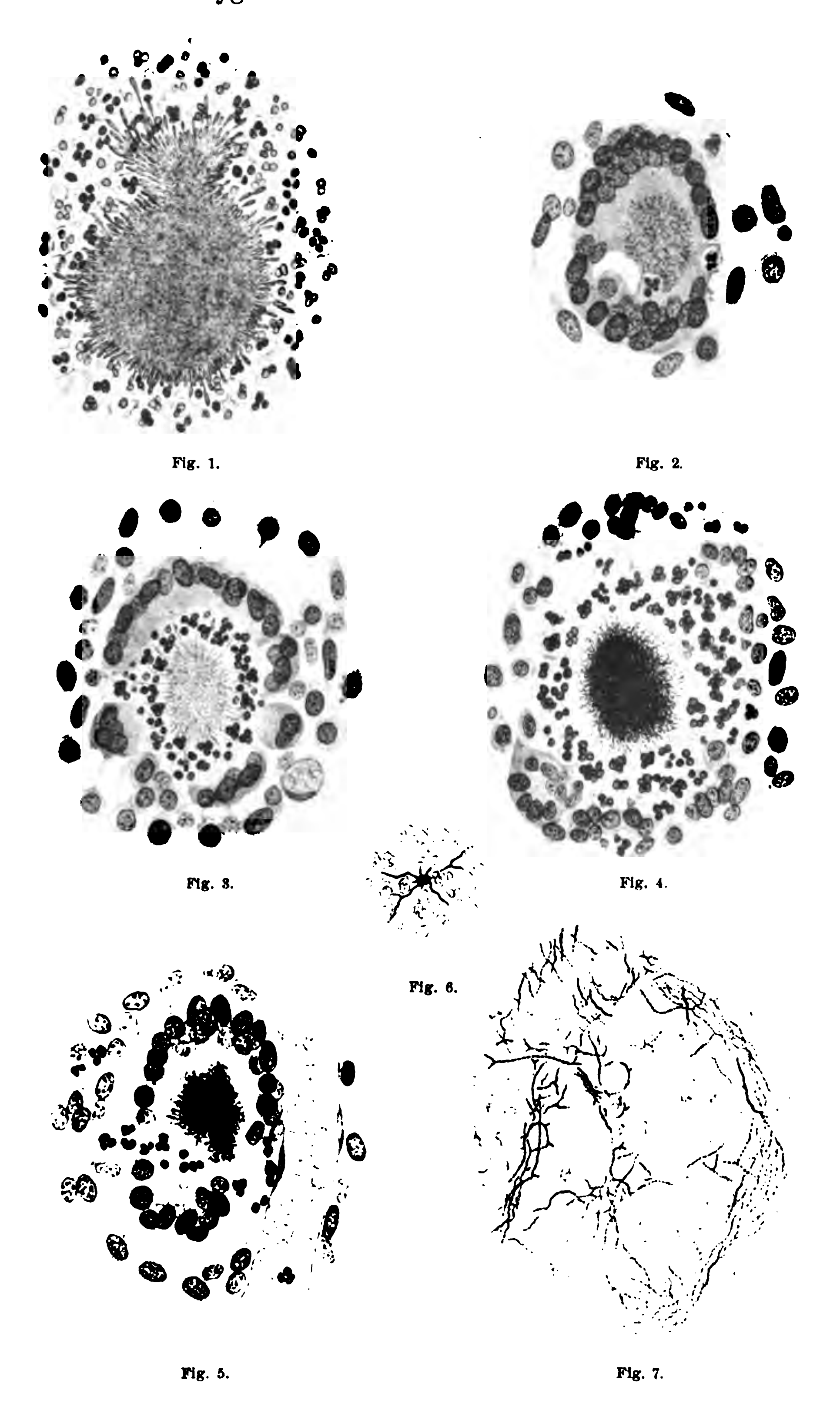


Fig. 3.

Verlag von R. Oldenbourg. München und Berlin.



Verlag von R. Oldenbourg. München und Berlin.

Über die sog. Reduktase der Milch.

Von

Dr. **Henry Smidt.**

(Aus dem chemischen Laboratorium des Allgemeinen Krankenhauses Hamburg-Eppendorf.)

Rohe Milch besitzt bekanntlich reduzierende Eigenschaften, die beim Stehen im allgemeinen zunehmen, beim Kochen verschwinden. Zu ihrem Nachweis kann man sich der Bildung von Schwefelwasserstoff aus feinverteiltem Schwefel bedienen; besser noch eignet sich dazu eine Reihe von Farbstoffen, wie Indigo, Lackmus und Methylenblau, die durch Reduktion in farblose Leukoprodukte verwandelt werden, zugleich aber küpenbildend sind, d. h. durch Schütteln an der Luft leicht wieder reoxydiert werden können; die eingetretene Verküpung ist dann eben ein Beweis, dafs es sich bei der Entfärbung lediglich um einen Reduktionsvorgang gehandelt hat. Unter diesen verdient das Methylenblau wegen seiner leichten Reduzierbarkeit und bekannten chemischen Konstitution den Vorzug und ist deshalb auch am häufigsten verwandt worden.

Die Frage, ob es sich hier lediglich um die Tätigkeit von Bakterien oder aufser dieser noch um ein der Milch eigenes, reduzierendes Ferment handelt, ist von den einzelnen Autoren, die darüber Versuche angestellt haben, verschieden beantwortet worden. Raudnitz hat auf Grund seiner Untersuchungen mit

Schwefel für die Schwefelwasserstoffbildung aufser Bakterien die Anwesenheit eines solchen Fermentes angenommen, das er nach dem Vorgange von Pozzi-Escot als Reduktase bezeichnet; auf diese bezieht er auch die von Vaudin am Indigo, Neisser und Wechsberg am Methylenblau und Winter-Blyth am Lackmus beobachtete reduzierende Wirkung der Milch. Auch das Zustandekommen der noch näher zu erwähnenden Schardingerschen Reaktion führt er zum Teil auf diese Reduktase zurück. Ihm hat sich Hecht angeschlossen, der Frauenmilch und Kolostrum unter möglichster Vermeidung bakterieller Verunreinigungen auf ihr Verhalten gegenüber Methylenblau prüfte und in der Reduktionskraft eine Lebensfunktion der Milch erblickt.

Anderseits bestreiten Heffter und neuerdings Brüning, die ihre Untersuchungen mit Schwefel anstellten, das Vorhandensein eines reduzierenden Fermentes. Ersterer fand, dafs Kuhmilch nach Zusatz von Chloroform, Salizylsäure und NaFl die Fähigkeit verliert, Schwefelwasserstoff zu bilden; Brüning konnte u. a. feststellen, dafs Ziegen-, Kuh und Frauenmilch, wenn sie möglichst steril entnommen und frisch untersucht werden, Schwefel nicht zu reduzieren vermögen.

Einen interessanten Beitrag zu dieser Frage hat die Beobachtung Schardingers geliefert, dafs frische, rohe Kuhmilch eine verdünnte Methylenblaulösung sehr viel schneller entfärbt, wenn dieser eine geringe Menge Formalin zugesetzt ist. Hierauf beruht zum Teil das von ihm angegebene Verfahren zur Unterscheidung roher und gekochter Milch. Von den beiden hierbei verwandten Reagentien (5,0 ccm gesättigte alkoholische Methylenblaulösung, 5,0 ccm Formalin und 190 ccm aqua destillata bzw. 5,0 ccm gesättigte alkoholische Methylenblaulösung und 195 ccm aqua destillata), die im Verhältnis von 1 : 20 der zu untersuchenden Probe zugesetzt werden, werden durch frische, rohe Kuhmilch nur die erste, durch ältere beide, durch gekochte aber keine von beiden bei 40—45° C innerhalb von etwa 10 Minuten entfärbt.

Gelegentlich einiger Versuche, die ich in Verfolgung eines von Neisser und Wechsberg ausgesprochenen Gedankens über die Frage angestellt habe, inwieweit die am Methylenblau gemessene Reduktionskraft der Milch geeignet ist, ein einfaches Verfahren zur Erkennung einer zu starken bakteriellen Verunreinigung darzustellen, habe ich die einzelnen Faktoren, die für die Entfärbung von Methylenblau in der Milch in Frage kommen, etwas näher zu präzisieren versucht.

Ich bin dabei zu folgenden Schlüssen gelangt:

1. Wird durch rohe Milch eine verdünnte Methylenblaulösung ohne weiteren Zusatz entfärbt, so handelt es sich immer um Bakterienwirkung.
2. Die Beobachtung Schardingers, daſs frische, rohe Kuhmilch, welche reine Methylenblaulösung[1]) nicht oder erst nach sehr langer Zeit reduziert, die formalinhaltige bereits in wenigen Minuten entfärbt, verlangt die Annahme eines auf das Formalin katalytisch wirkenden Fermentes.
3. Nach Zusatz von Alkali wirkt auch der Milchzucker reduzierend.
4. Endlich entstehen bei längerem Kochen Substanzen, die gleichfalls — aber nur bei Siedetemperatur — Methylenblau entfärben.

Gegen die damit ausgesprochene Anschauung, daſs bei der Schardingerschen Reaktion in frischer und alter Milch zwei prinzipiell verschiedene Faktoren in Wirksamkeit treten, hat sich Seligmann in einer Arbeit über die Reduktasen der Kuhmilch gewandt, die eine Fortsetzung seiner Untersuchungen über den Einfluſs der Aldehyde auf die Oxydationsfermente der Milch darstellt. Ich möchte im folgenden auf diese Arbeit etwas näher eingehen.

Wie aus der Besprechung meiner Versuche in der Einleitung hervorgeht, glaubt zunächst Seligmann, ich sei der Ansicht,

1) Der Kürze halber bezeichne ich in folgendem die beiden Reagentien Schardingers als M bzw. FM.

dafs es sich bei der Entfärbung von FM durch Milch — wohl wegen der antibakteriellen Wirkung des Formalins — immer um die Tätigkeit eines Fermentes handeln müsse. Ich habe das aber nur für frische rohe Milch behauptet, die M nicht oder erst nach Stunden entfärbt. Das Neue und Interessante an der Schardingerschen Reaktion liegt ja gerade in dem verschiedenen Verhalten einer solchen Milch gegenüber den beiden Methylenblaulösungen. Hier kann es sich meines Erachtens auch in der Tat nicht um bakterielle Wirkungen handeln; dies folgerte ich aus dem Fehlen der M-Reduktion und nicht in der Annahme, dafs bei Gegenwart des Formalins Bakterien überhaupt nicht in Frage kommen könnten.

Denn dafs das Formalin in der hier angewandten Verdünnung (1 : 800) und bei der kurzen Zeit seiner Einwirkung nicht imstande ist, zu verhindern, dafs eine ältere Milch lediglich wegen ihres Bakteriengehaltes Methylenblau reduziert, war von vornherein anzunehmen und ging überdies auch schon aus den Beobachtungen Schardingers hervor, dafs FM durch ältere, bakterienreiche Milch schneller entfärbt wird als durch frische bakterienarme. Zum Studium der Frage, inwieweit die Reduktionskraft einer Milch gegenüber Methylenblau mit ihrem wachsenden Bakteriengehalt parallel geht, eignet sich aber FM nicht, einmal, weil dieses Reagens nicht durch Bakterien allein entfärbt wird, anderseits, weil das Formalin, wenn es in dieser Verdünnung auf bakterielle Reduktionen überhaupt einen Einflufs ausübt, hier nur hemmend wirken kann. Aus diesen Gründen habe ich bei meinen bezüglichen Versuchen, ein möglichst empfindliches Reagens für bakterielle Verunreinigung der Milch zu finden, von Kontrollen mit FM, die Seligmann vermifst, abgesehen.

Auf Grund der von ihm dann angestellten Parallelversuche über das Verhalten von Milch verschiedenen Alters gegenüber FM und M fand Seligmann ein unter normalen wie experimentell erzeugten Bedingungen (Hemmung der Reduktion durch Zusatz verschiedener Antiseptica) durchaus ähnliches Verhalten beider Reaktionen. Er folgert daraus, dafs bei beiden nur ein reduzierender Faktor wirksam ist, nämlich Bakterien, die ent-

weder direkt oder vermittelst gewisser durch sie erzeugter Abbauprodukte des Kaseins das Methylenblau angreifen. »Der einzige Unterschied besteht eigentlich nur in der Reaktionsform des ersten Tages, wo wässerige Methylenblaulösung sehr langsam, Schardingers Reagens relativ schnell entfärbt wird.« Dieser Unterschied, auf den Seligmann keinen großen Wert zu legen scheint, denn er spricht weiter unten von einer vollkommenen Gleichstimmigkeit beider Reaktionen, ist aber meines Erachtens von prinzipieller Bedeutung und verlangt die Annahme eines in der Milch vorhandenen Fermentes.

Zur Erklärung des verschiedenen Verhaltens beider Reaktionen bei frischer Milch macht Seligmann die Annahme, daſs Bakterien und durch sie erzeugte Spaltungsprodukte des Kaseins, die, in älterer Milch reichlich vorhanden, ohne weiteres reduzieren, dies in frischer Milch ihrer geringen Menge wegen nur vermittelst des Formalins zu tun imstande seien. Sie treten darnach also bald reduzierend, bald katalysierend auf, denn bei der FM-Reduktion durch frische Milch ist auch nach Seligmann das Formalin der eigentlich reduzierende Faktor, auf den die Bakterien als Katalysator wirken, ähnlich wie ich es zur Erklärung der Fermentwirkung angenommen hatte.

Gegen die Schluſsfolgerungen Seligmanns lassen sich nun eine Reihe von Tatsachen geltend machen:

Zunächst entfärbt eine möglichst reinlich gewonnene Milch bereits unmittelbar nach dem Melken FM in kurzer Zeit (bei 45° C meist in weniger als 10 Minuten); das dabei wirksame Prinzip muſs demnach schon im Euter vorhanden sein. Seligmann nimmt nun auch in der Tat an, es sei denkbar, daſs Abbauprodukte des Kaseins bereits in den Milchgängen entstehen, »gleichgültig, ob auf bakterieller oder autolytischer Basis«. Nun ist die Milch im Euter aber sicher keimfrei; für den Menschen kann man dies durch Impfung aus der bei der Sektion steril eröffneten, laktierenden Mamma direkt nachweisen. Die auch in der sauberen Milch immer vorhandenen Keime gelangen erst im Momente des Melkens aus den peripheren Abschnitten

der Ausführungsgänge, von der äufseren Haut, der Hand der Melkenden und aus der Luft in die Milch hinein. Stellt man die Reaktion gleich an, so können also durch sie gebildete Abbauprodukte des Kaseins noch nicht in Frage kommen, und dafs die Bakterien hier nicht selbst die Reduktion auslösen, kann man durch folgenden Versuch beweisen:

Mit Chloroform zu gleichen Teilen oder 0,5 % Phenol versetzte Proben einer frisch gemolkenen Milch geben nach 24 Stunden noch deutliche FM-Reduktion, obgleich die jetzt beimpften Agarplatten steril bleiben. [Bei gleicher Behandlung behält Milch übrigens auch die Fähigkeit, Wasserstoffsuperoxyd zu spalten, ein Beweis, dafs diese der frischen Milch zukommende Eigenschaft, wie auch bisher allgemein angenommen wurde, gleichfalls auf einem Ferment, der Superoxydase, beruht. Das schliefst natürlich nicht aus, dafs in älterer Milch auch Bakterien sich an diesem Vorgang beteiligen können, aber es ist sicher nicht richtig, dafs die Superoxydase lediglich eine Äufserung bazillärer Lebenstätigkeit ist, wie Seligmann meint.]

Dafs aber anderseits im gesunden Euter etwa durch autolytische Vorgänge die durch Bakterien erzeugten analogen Spaltungsprodukte des Kaseins entstehen sollten, halte ich für sehr unwahrscheinlich; übrigens scheint mir auch diese von Seligmann nur in der Zusammenfassung ausgesprochene Heranziehung der Autolyse mit seinen Ausführungen in der Arbeit, in der doch immer wieder betont wird, dafs für die beobachteten Reduktionen nur Bakterien verantwortlich zu machen seien, nicht gut im Einklang zu stehen.

Nehmen wir trotzdem die Erklärung Seligmanns für das Zustandekommen der FM-Reduktion als richtig an, so müssen wir erwarten, dafs auch eine Milch, aus der das schon anfänglich vorhandene, auf FM einwirkende Prinzip ohne Schädigung ihrer anderen Bestandteile entfernt ist, sich unter geeigneten Bedingungen den beiden Reagentien Schardingers gegenüber genau so verhält wie eine gewöhnliche Milch, d. h. FM im allgemeinen schneller als M und bei sehr geringem Bakteriengehalt nur ersteres entfärbt.

Zu diesem Versuche eignet sich zunächst eine durch Zentrifugieren gewonnene frische Magermilch. Diese reduziert weder FM noch M, da das Ferment am Rahm haftet, ein Umstand, der meines Erachtens an sich schon dagegen spricht, dafs wir es hier mit Bakterienwirkung zu tun haben.

Eine solche Magermilch ergab, nachdem sie 24 Stunden bei 37° gehalten war, die Bakterien also zur Entwicklung und zum Abbau des Kaseins genügende Zeit gehabt hatten, in verschiedenen Verdünnungen folgende Reduktionszeiten:

	M-Reduktion in Min.	FM-Reduktion in Min.
10 ccm Magermilch, unverdünnt . .	1	1½
7 » » 3 ccm aq. dest. ster.	2½	14
5 » » 5 » » » »	8	nicht in 30
3 » » 7 » » » »	nicht in 30	» » 30

Zu entsprechenden Resultaten gelangt man, wenn man gekochte Milch mit etwas roher impft oder auf 80°C erhitzte, in der das Ferment völlig, die Bakterien aber nur zum Teil vernichtet sind, nach längerem Aufenthalt im Brutschrank untersucht.

In allen diesen Fällen tritt immer die M-Reduktion mindestens ebenso schnell, meist aber schneller als die FM-Reduktion auf; niemals ist, wie es bei Vollmilch die Regel, das Gegenteil der Fall, und es gelingt speziell nicht, einen Verdünnungsgrad zu erreichen, bei dem wie durch frische rohe Milch nur FM aber nicht M entfärbt wird. Zum Beweise kann man u. a. Seligmanns eigene Versuche anführen: Wir finden auf der Tabelle S. 173 angegeben, dafs die M-Reduktion mehrmals in ½, einmal in 5 Minuten beobachtet wurde, während die entsprechende FM-Reduktion erst in 1 bzw. 14 Minuten eintrat. Je schneller beide Prozesse verlaufen, desto mehr verwischen sich natürlich die zeitlichen Unterschiede.

Nach der Erklärung Seligmanns für die FM-Reduktion mufs man weiter erwarten, dafs diese beim Stehen der Milch auch dann langsam zunimmt, wenn durch geeignete Mafsnahmen das schnelle Wachstum der Bakterien möglichst hintangehalten

wird. In einer mit allen Kautelen gemolkenen und dauernd in Eis verpackt gehaltenen Milch braucht erst nach mehreren Tagen M-Reduktion aufzutreten; prüft man sie in dieser Zeit mit FM, so kann man im Gegenteil ein allmähliches Schwächerwerden dieser Reaktion beobachten. So fand ich z. B. bei einer Milch am 1. Tage in 9, am 2. gleichfalls in 9, am 3. in 10½, am 4. erst in 11 Minuten, bei einer anderen am 1. Tage in 4, am 2. erst in 11 Minuten Reduktion, immer, ohne daſs in der Kontrolle M entfärbt wurde. Noch deutlicher trat die Abnahme an vier verschiedenen, möglichst steril entnommenen Proben von Frauenmilch hervor, die alle übereinstimmend erst in 18 bis 20 Minuten (Frauenmilch scheint durchweg weniger Aldehydkatalase zu enthalten als Kuhmilch), am nächsten FM gar nicht mehr reduzierten (M natürlich auch nicht).

Es tritt also, obgleich bei diesen Versuchen ein, allerdings sehr langsames, Bakterienwachstum stattfindet, doch eine Schwächung des FM reduzierenden Prinzipes ein, eine Beobachtung, die anderseits mit der Annahme eines ungeformten Fermentes gut im Einklang steht. Hierdurch erklärt sich auch ungezwungen ein Befund Seligmanns, den dieser als Stütze seiner Anschauung ansieht, daſs Reduktase und Superoxydase nur Produkte bakterieller Tätigkeit seien. Eine monatelang mit einem Zusatz von 0,1% Formalin von ihm konservierte Milch reduzierte weder FM noch gab sie Superoxydasereaktion. Das der frischen Milch eigene, auf FM wirkende Ferment war eben allmählich zugrunde gegangen, ebenso wie Superoxydase, deren Empfindlichkeit aus einer Reihe von Untersuchungen bekannt ist. Daſs die Milch trotzdem noch Oxydasereaktion gab, stimmt mit den von Seligmann an anderer Stelle veröffentlichten, interessanten Untersuchungen über den Einfluſs des Formalins auf die Oxydasen überein.

Nach alledem glaube ich daran festhalten zu müssen, daſs für die Reduktion von FM in frischer Milch Bakterien oder durch sie entstandene Abbauprodukte des Kaseins nicht in Frage kommen können. Frühere Versuche zeigten, daſs die hier wirksame Substanz bei Temperaturen von 70—80° C dauernd ver-

nichtet wird und gegen bekannte Fermentgifte äufserst empfindlich ist. Sie erleidet, wie wir sahen, schon beim Stehen in möglichst unverändert gehaltener Milch eine deutliche Abschwächung; diese wird verstärkt durch die unter normalen Verhältnissen eintretende Säuerung, wie man durch steigenden Zusatz von Milchsäure zu frischer, roher Milch leicht nachweisen kann. (Dafs es sich hierbei nicht lediglich um ein Ausbleiben der FM-Reaktion wegen der Säuerung handelt, beweist die Entfärbung von FM durch Bakterien auch in geronnener Milch). Darnach dürfte es sich am wahrscheinlichsten um ein ungeformtes Ferment handeln, das mit der Milch ausgeschieden wird.

Mit der Annahme eines solchen Fermentes erklären sich auch die zunächst etwas auffälligen Befunde bei einer fortlaufenden Untersuchung einer Milch mit den beiden Schardingerschen Reagentien: Zunächst wird nur FM entfärbt (innerhalb von 5—10 Minuten). Mit dem ersten Auftreten der M-Reduktion, deren Zeitpunkt natürlich von dem anfänglichen Bakteriengehalt und der Aufbewahrungstemperatur abhängig ist, wird auch die FM-Reduktion beschleunigt, indem sich bei dieser jetzt bakterielle und fermentative Wirkung summieren. Diese Beschleunigung wächst aber nicht im Verhältnis der weiterhin nun immer schneller eintretenden M-Entfärbung, da einerseits das Ferment schwächer wird, anderseits jetzt der hemmende Einflufs des Formalins gegenüber der Bakterienwirkung zutage zu treten beginnt. Diese Behinderung wird dann eklatant, wenn das Ferment gröfstenteils zerstört ist, indem schliefslich, wie es auch Seligmann mehrfach am 4. Untersuchungstag beobachtet hat, die FM-Reduktion später als die M-Reduktion eintritt.

Verzögert man das Bakterienwachstum durch Kühlhalten der Milch, so kann man, wie erwähnt, die M-Reduktion tagelang verhindern und zugleich an der langsamer werdenden FM-Entfärbung die Abnahme des Fermentes beobachten. Interessant ist nun, dafs man weiterhin an einer wieder auftretenden Beschleunigung letzterer Reaktion einen mäfsigen Bakteriengehalt der Milch schon erkennen kann, noch ehe jene imstande sind, in

weniger als einer Stunde M-Reduktion zu geben. Diese pflegt dann am nächsten Tage auch in verhältnismäfsig kurzer Zeit abzulaufen.

Um in Wirksamkeit treten zu können, bedarf das Ferment der Anwesenheit eines Aldehyds, von denen das Formalin vermutlich am besten geeignet ist. Bei gröfserer wie geringerer als der von Schardinger gewählten Konzentration (von 0,1 %) tritt die Entfärbung langsamer auf; bei 0,5 % Formalingehalt wird das Ferment zerstört.

Die Bedeutung des Formalinzusatzes wird man sich so vorstellen können, dafs man das Ferment als Katalysator des Formalins auffafst, das nun befähigt ist, unter Verwandlung in Ameisensäure das Methylenblau zu reduzuzieren. Ich hatte es deshalb als Aldehydkatalase bezeichnet. Jedenfalls kann man es nicht eine Reduktase nennen, denn nicht das Ferment, sondern das Formalin ist in diesem Falle das eigentlich reduzierende. Überhaupt scheint mir die Anwesenheit einer Reduktase, d. h. eines ungeformten direkt reduzierenden Fermentes nach den bisher vorliegenden Untersuchungen in der Milch nicht nachgewiesen zu sein. Aus den Arbeiten Hefftters und Brünings geht hervor, dafs die Bildung von Schwefelwasserstoff aus Schwefel immer direkt oder indirekt auf Bakterien zurückzuführen ist; das Gleiche scheint mir auch für die Entfärbung reiner Methylenblaulösung erwiesen zu sein. Wenn Hecht auf Grund seiner Untersuchungen an Frauenmilch zu einem gegenteiligen Resultat gekommen ist, so glaube ich mit Seligmann, dafs er doch die Tätigkeit der Bakterien nicht genügend in Betracht gezogen hat. Mir gab auch Frauenmilch keine Reduktion reiner Methylenblaulösung, die ich nicht hätte auf Bakterien beziehen müssen. Kolostrum zu untersuchen, hatte ich leider keine Gelegenheit. Nach Brüning reduziert auch dieses frisch Schwefel nicht; immerhin ist es möglich, dafs das empfindlichere Methylenblau durch die in ihm reichlicher enthaltenen Leukocyten oder die Kolostrumkörperchen entfärbt wird.

Was schliefslich die Frage nach der Identität der Aldehydkatalase mit der Superoxydase anbetrifft, so mufs man nach den

Versuchen Seligmanns annehmen, dafs es sich doch um zwei verschiedene Fermente handelt. Eine Reihe gemeinsamer Eigenschaften, besonders der Befund, dafs die Katalase ebenso wie die Superoxydase beim Zentrifugieren in den Rahm übergeht, hatten mich, wie schon andere, vermuten lassen, beide könnten identisch sein. Nun läfst sich nach Seligmann die Katalase aber nicht wie die Superoxydase aus dem Rahm wieder durch Wasser oder physiologische Kochsalzlösung extrahieren, ein Befund, den ich bestätigen kann; es kann sich also nicht um denselben Körper handeln. Eine weitere Stütze für die Verschiedenheit beider Fermente ist übrigens auch die Frauenmilch, die frisch FM langsamer entfärbt, aber H_2O_2 kräftiger spaltet als Kuhmilch unter den gleichen Bedingungen. Ferner ist die Aldehydkatalase im Gegensatz zu der Superoxydase (Seligmann) sehr empfindlich gegen Milchsäure.

Raudnitz hat darauf hingewiesen, dafs die Aldehydkatalase indes möglicherweise mit jenem Ferment in der Milch identisch ist, das nach Moro Salicylaldehyd oxydiert. Dieser konnte in einer mit Salicylaldehyd versetzten und mit Chloroform gesättigten Milch nach viertägigem Stehen bei 38° C deutliche Mengen von Salicylsäure nachweisen. Darauf, dafs wir es hier nicht mit einer Reaktion auf indirekte oder Peroxydasen zu tun haben, wie Moro annimmt, hat Raudnitz schon hingewiesen. Indessen ist es denkbar, dafs es sich gar nicht um ein Ferment, sondern um Bakterienwirkung handelt, denn trotz des Chloroformzusatzes brauchen diese bzw. ihre Stoffwechselprodukte vielleicht nicht völlig zerstört gewesen zu sein. Auch fehlt die Kontrolle mit gekochter Milch. Raudnitz gelang es nicht, die Umwandlung von Formaldehyd in Ameisensäure nachzuweisen; er betont aber selbst, dafs er ev. zu grofse Mengen Formalin zugesetzt hatte, so dafs das Ferment dadurch abgetötet wurde.

Eine praktische Bedeutung für die Milchhygiene hat die Fähigkeit der Milch, Methylenblau zu reduzieren, zunächst durch die von Schardinger angegebene Reaktion gewonnen. Der Ausfall der Untersuchung mit FM gestattet die Entscheidung, ob es sich um rohe oder gekochte bzw. über 75—80° C erhitzte

Milch handelt; die Entfärbung der gleichzeitig angestellten Probe mit M deutet dabei auf einen hohen Grad bakterieller Zersetzung hin. Bei einer durch Zentrifugieren gewonnenen Magermilch läfst allerdings die Probe im Stich, da das Ferment dem Rahm anhaftet; in der Praxis wird die Milch aber nie so fett- und damit fermentarm, dafs sie nicht auch auf diese anwendbar wäre. Ein hoher Alkaleszenzgrad kann die Reduktion dadurch bedeutungslos machen, dafs dann auch der Milchzucker entfärbt; dagegen beeinträchtigt ein mäfsiger Zusatz von Soda, wie er zur Verdeckung einer schon stark sauren Reaktion angewandt wird, nach den Untersuchungen von P. Th. Müller, die Brauchbarkeit der Reaktion nicht. Nach Raudnitz vernichtet 1 mg Rhodansalz auf 1 l Milch die Fermente, und vermindert dadurch den positiven Ausfall der FM-Reduktion, ebenso wie auch aller Oxydasereaktionen in frischer Milch.

Da die Aldehydkatalase nicht erst beim Kochen, sondern bereits bei Temperaturen zwischen 75 und 80° C zerstört wird, so verhält sich natürlich auch eine pasteurisierte Milch, wenn beim Erwärmen so hohe Grade erreicht wurden, wie eine gekochte. Falls nun durch das Pasteurisieren nicht alle Bakterien abgetötet waren, und die zu untersuchende Milch vielleicht lange Zeit im warmen Zimmer gestanden hatte, können beide Reaktionen jetzt wieder positiv ausfallen; man wird aber daran, dafs FM etwas langsamer reduziert wird als M, erkennen können, dafs es sich hier nicht um Ferment-, sondern um Bakterienwirkung handelt, die Milch also erhitzt gewesen sein mufs. Im allgemeinen stellt jedenfalls die Schardingersche Reaktion ein bequemes und sicheres Mittel dar, um die Hitzedenaturierung der Milch zu beweisen.

Dafs man anderseits die Entfärbung von Methylenblau durch Milch vielleicht dazu verwenden kann, den Keimgehalt verschiedener Proben vergleichsweise zu bestimmen, haben zuerst Neisser und Wechsberg ausgesprochen. Ich konnte dann nachweisen, dafs die Reduktionskraft der Milch annähernd parallel mit dem Bakteriengehalt wächst, und dafs die Prüfung mit verdünnter

Methylenblaulösung in der Tat geeignet ist, einen Mafsstab für ihren Bakteriengehalt abzugeben. Ohne der Frage näher zu treten, wie sich ein derartiges Verfahren in der Praxis im einzelnen zu gestalten habe, konnte ich nach meinen Versuchen doch schon so viel sagen, dafs eine Milch, von der 0,1 cc 4 cc einer 0,003 proz. Methylenblaulösung bei 37° C innerhalb von zwei Stunden entfärbt, wegen zu starken Bakteriengehaltes zu beanstanden ist.

Jüngst hat nun P. Th. Müller eine gröfsere Anzahl von Versuchsreihen über diese Frage mitgeteilt. Mit einer von der meinigen etwas abweichenden Methodik ist er gleichfalls zu dem Resultat gekommen, dafs die Reduktionsprobe ein zuverlässiges Mittel darstellt, den Bakteriengehalt einer Milch zu beurteilen. Insbesondere fand er, dafs sie sich auch einer Milch gegenüber bewährt, in der die bereits eingetretene Säuerung durch Zusatz von Soda oder frischer Milch künstlich verdeckt wurde. Das praktische Ergebnis seiner Versuche ist eine, für den Haushalt bestimmte Methode, nach der mit einfachen Mitteln und ohne Vorkenntnisse innerhalb einer Stunde entschieden werden kann, ob eine Milch das Inkubationsstadium schon überschritten hat.

Um noch einmal zusammenzufassen, mufs ich zunächst Seligmann gegenüber daran festhalten, dafs es sich bei der Entfärbung der von Schardinger angegebenen, formalinhaltigen Methylenblaulösung durch frische Milch um die Wirkung eines Fermentes handelt, das die an sich sehr langsam verlaufende Reduktion des Methylenblaus durch Formalin erheblich beschleunigt (Aldehydkatalase). Auch die Superoxydase in frischer Milch ist ein Ferment. Die vermutete Identität beider ist jedoch nicht aufrechtzuhalten; dagegen ist es möglich, dafs die Aldehydkatalase mit der von Moro beschriebenen Aldehydase übereinstimmt.

Beide Prozesse, die Entfärbung formalinhaltiger Methylenblaulösung und die Spaltung von $H_2 O_2$, können in älterer Milch natürlich auch durch Bakterien hervorgerufen werden. Bei ersterer wirkt der Formalinzusatz im Gegensatz zu der Fermentreaktion,

zu deren Zustandekommen er notwendig ist, Bakterien gegenüber hemmend.

Formalinfreie Methylenblaulösung wird in roher Milch nur durch Bakterientätigkeit entfärbt; eine direkte Reduktase gibt es nach den vorliegenden Untersuchungen in der Milch nicht.

Literatur.

H. Brüning, Über das Verhalten des Schwefels zu Milch (und Milchpräparaten), sowie zur Schleimhaut des Magendarmkanals. Zeitschr. f. exp. Pathol. u. Ther. Bd. 3, H. 1, S. 157.

A. F. Hecht, Die Reduktion als Lebensfunktion der Milch. Archiv f. Kinderheilkunde Bd. 38, S. 349.

A. Heffter, Über die Wirkung des Schwefels auf Eiweifskörper. Hofmeisters Beitr. 1904, Bd. 5, S. 213.

P. Th. Müller, Die Reduktionsprobe, ein Mittel zur Beurteilung des Frischezustandes der Milch. Dieses Archiv 1906, Bd. 56, S. 108.

M. Neisser u. Fr. Wechsberg, Über eine einfache Methode zur Beobachtung von Schädigungen lebender Zellen und Organismen (Bioskopie). Münch. med. Wschr., 1900, Nr. 37.

R. W. Raudnitz, Bestandteile, Eigenschaften und Veränderungen der Milch. Monographie in den Ergebnissen der Physiologie 1903, Bd. 2. — Sammelreferate über die Arbeiten aus der Milchchemie. Monatsschr. f. Kinderheilkunde Bd. 1, H. 5; Bd. 2, H. 8 u. 12; Bd. 3, H. 7, 8 u. 12; Bd. 4 H. 5 u. 11 (1902—06).

Fr. Schardinger, Über das Verhalten der Kuhmilch gegen Methylenblau und seine Verwendung zur Unterscheidung von ungekochter und gekochter Milch. Zeitschr. f. Untersuch. d. Nahrungs- u. Genufsm. 1902, Bd. 5, H. 22.

E. Seligmann, Über den Einflufs einiger Aldehyde, besonders des Formalins, auf die Oxydationsfermente der Milch und des Gummi arabicums. Zeitschr. f. Hyg. u. Infektionskr. 1905, Bd. 50, H. 1. — Über die Reduktasen der Kuhmilch. Ebenda 1906, Bd. 52 S. 161.

H. Smidt, Über die Fähigkeit der Milch, Methylenblau zu reduzieren. Hygien. Rundschau 1904, Nr. 23.

Eine neue einfache Methode zur Herstellung sauerstofffreier Luftatmosphäre (als Methode zur einfachen, verläfslichen Züchtung von strengen Anaeroben).[1]

Ausgearbeitet von

Dr. Stan. Růžička.

(Aus dem k. k. Hygienischen Institute des Prof. Dr. Gustav Kabrhel in Prag.)

Meine Methode beruht in groben Zügen darin, dafs — in ähnlicher Weise wie bei der von Grafsberger-Schattenfroh wesentlich verbesserten Botkinschen Methode — um die angelegten Kulturen herum ein entsprechendes Luftvolum durch eine aufgestülpte Glasglocke, welche in eine sauerstoffbindende Flüssigkeit eintaucht, abgeschlossen wird. Die in groben Zügen auffallendste Abweichung von dem Botkin-Grafsberger-Schattenfrohschen Verfahren beruht darin, dafs ich die Luft aus dem abgeschlossenen Raume nicht durch Wasserstoff verdränge, sondern blofs ihren Sauerstoff in seiner groben Menge mittels eines Wasserstoffflämmchens aufzehre; den Rest absorbiere ich bis auf letzte Spuren mittels alkalischer Pyrogallollösung (wie das Wiener Verfahren), so dafs sich die Kulturen in einer Atmosphäre befinden, welche aufser Abwesenheit von Sauerstoff mit der Luftatmosphäre fast[2] identisch ist.

---

1) Der Böhm. Kaiser Franz Josephs-Akademie vorgelegt am 17. III. 06.

2) Die Kohlensäure wird von der alkalischen Pyrogallollösung natürlich auch absorbiert.

Zur Aufzehrung der groben Sauerstoffmenge benutze ich aus dem Grunde speziell eine Wasserstoffflamme, weil bei der Verbrennung anderer Brennstoffe Kohlensäure entsteht, welche die Flamme vorzeitig erstickt, so dafs der Sauerstoff relativ wenig aufgezehrt wird. Bei der Verbrennung des Wasserstoffes entsteht nur Wasserdampf, welcher das Brennen nicht hindert.

Als Abschlufsflüssigkeit verwende ich eine alkalische Traubenzuckerlösung, welche vor der alkalischen Pyrogallollösung (der Wiener Schule) den Vorteil hat, dafs sie wenigstens 8 Wochen lang benutzt werden kann. Dies bedeutet eine Arbeitsersparnis, da die Abschlufsflüssigkeit nicht bei jedem Versuche erneuert zu werden braucht (natürlich auch Kostenersparnis, für 2 Monate kostet sie blofs höchstens 60 h).

Bei meiner Methode habe ich auch die von Prof. Kabrhel vorgeschlagene[1]) Methode zur Kontrolle der Sauerstoffabwesenheit in Anwendung gebracht, welches Hilfsmittel nicht nur nach den in unserem Institute gemachten Erfahrungen, sondern auch nach den Erfahrungen anderer (besonders Emmerich und Lehmann) bei der Züchtung anaerober Mikroben dem Experimentator vortreffliche Dienste erweist.

Zu diesem Zwecke hat Kabrhel in alkalischer Zuckergelatine (wie sie zur Züchtung anaerober Mikroben verwendet wird) aufgelöstes Methylenblau angewendet.

In diesem festen Substrate entfärbt sich das Methylenblau unter der reduzierenden Wirkung der Gelatine selbst und des Traubenzuckers in einer in dem nötigen Mafse vom Sauerstoff befreiten Atmosphäre (das Methylenblau übergeht in seine Leukoverbindung), und diese Entfärbung ist eben ein Indikator jenes Zustandes der Sauerstofffreiheit, welcher zur Züchtung anaerober Mikroben nötig ist.

Die Gegenwart minimaler Quantitäten von Sauerstoff in dem Anaerobenraume verrät sich durch Verfärbung der Gelatine, welche Verfärbung also wieder umgekehrt ein Zeugnis ist, dafs

1) Zentralbl. f. Bakteriol. Bd. 25, Abt. 1, S. 555.

in den besäten Nährböden Sauerstoff vorhanden ist, dafs also die Bedingungen der strengen Anaerobiose nicht eingehalten sind.

Bei meiner Methode — bei welcher es sich mir um Herstellung eines flüssigen Indikators handelte — habe ich nur das Hauptprinzip der Methode des Prof. Kabrhel als Ausgangspunkt angenommen, nämlich die Entfärbung bzw. Regeneration eines bestimmten Farbstoffes in einem reduzierenden Substrate. Sonst habe ich meinen Indikator vollkommen abweichend konstruiert, besonders auch Indigo anstatt des Methylenblaus gewählt, wofür die Gründe im weiteren angeführt werden sollen.

Nach sehr umfangreichen Untersuchungen habe ich mich — um möglichst bestimmte und konstante Empfindlichkeit zu erreichen — für den folgenden flüssigen, immer frisch und kalt zu bereitenden Indikator entschlossen:

1. Indikator für die Zimmertemperatur (18—20° C):

50 ccm einer 1proz. wässerigen Phenollösung,
5 » » 20 » Kristallsodalösung.

Beide Lösungen werden gut durchgemischt und in der Flüssigkeit ohne Erwärmen

1 g chemisch reinen Traubenzuckers

aufgelöst und dann

0,5 ccm der[1]) schwefelsauren Indigolösung

zugesetzt. Alles wird gut durchgemischt.

2. Indikator für die Körpertemperatur:

50 ccm einer 1proz. wässerigen Phenollösung,
5 » » 20 » » Kristallsodalösung.

Beide Lösungen werden gut durchgemischt und in der Flüssigkeit ohne Erwärmen

0,1 g chemisch reinen Traubenzuckers aufgelöst und dann
0,5 ccm der schwefelsauren Indigolösung

zugesetzt. Alles wird gut durchgemischt.

1) weiter zu beschreibenden.

Herstellung der schwefelsauren Indigolösung:

Ich habe zu diesem Zwecke die bei der Marx-Trommsdorfschen Methode der quantitativen Salpetersäurebestimmung im Wasser vorgeschriebene Indigolösung angewendet. Ihre Herstellungsweise ist die folgende:

3 g Indigotin werden in einer Reibschale mit 60 g reiner konzentrierter Schwefelsäure zerrieben. Die Mischung wird 24 Stunden stehen gelassen, worauf mittels eines Meſszylinders ihre Menge bestimmt wird und die Lösung wird in eine vierfache Menge destillierten Wassers eingegossen. Nach Abscheidung des Niederschlages wird die Lösung von demselben abfiltriert.

Hierauf wird der Säuretiter der Lösung in folgender Art bestimmt: 5 ccm dieser Lösung werden auf einer Porzellanschale mit 3—5 Tropfen konzentrierter Salpetersäure vermischt, wodurch der Farbstoff zersetzt wird. Dann wird die Lösung in der Schale auf dem Wasserbade bis zur vollkommenen Verflüchtigung der Salpetersäure und ihrer Reduktionsprodukte gekocht. Der Rest wird in einem Meſskolben auf 100 ccm verdünnt und 20 ccm davon (= 1 ccm der ursprünglichen Indigolösung) unter Phenolphthaleinzusatz mit Dezinormallauge austitriert. Meine Lösung gibt einen Verbrauch von 38,2 ccm.

Eventuelle Abweichung des Titers ist genau durch Zusatz von Schwefelsäure oder destilliertem Wasser zu korrigieren; oder man kann auch anstatt der vorgeschriebenen Menge 0,5 ccm der Indigolösung eine entsprechend kleinere oder gröſsere in den Indikator geben. Es handelt sich nur darum, daſs in den vorgeschriebenen Indikator mit dem Indigo soviel Schwefelsäure hinein kommt, als bei der angeführten Titrationsart 19,1 ccm Dezinormallauge entspricht.

Die Indigolösung ist in einer gut verschlossenen Flasche jahrelange in brauchbarem Zustande haltbar und ihr Säuretiter kann leicht kontrolliert werden.

Die Gründe, welche mich bewogen haben, anstatt des Methylenblaus Indigo anzuwenden, waren die folgenden: Wie schon erwähnt, habe ich für meine Methode einen flüssigen Indikator benötigt (Kabrhel hat einen aus Nährgelatine her-

gestellten Indikator, also einen festen, angewendet). Dabei habe ich beobachtet, dafs die betreffende reduzierte Methylenblaulösung mit der Zeit an der bei Sauerstoffzutritt sich bläuenden Leukoverbindung ärmer wird, wodurch eine solche Indikatorflüssigkeit auch immer weniger empfindlich wurde. Wurde die Indikatorflüssigkeit stark reduzierend gemacht, so erschien die Empfindlichkeit nach einigen Tagen schon stark geschwächt, ja bei besonders stark reduzierenden Mischungen erschien die Leukoverbindung schon in wenigen Stunden vollkommen zersetzt.

Versuche, welche ich angestellt habe, haben gezeigt, dafs Indigo in dieser Beziehung bedeutend weniger labil ist als Methylenblau.

Die oben angegebenen Konzentrationen der Zuckerlösung sind so gewählt, dafs die Empfindlichkeit des Indikators bei der betreffenden Temperatur (einerseits Zimmertemperatur, anderseits Körpertemperatur) einige Tage fast unverändert erhalten bleibt.

Würde man den für die Zimmertemperatur bestimmten Indikator bei Körpertemperatur halten, so würde seine Empfindlichkeit in 1—2 Tagen bedeutend abnehmen.

Würde man dagegen den für die Körpertemperatur bestimmten Indikator bei Zimmertemperatur halten, so wäre wieder der Umstand seiner Anwendung hinderlich, dafs der Reduktionsvorgang (bei Zimmertemperatur) viele Tage in Anspruch nehmen würde.

Wird der Körpertemperaturindikator bei Körpertemperatur gehalten, so ist er im sauerstofffreien Raume nach $1^1/_2$ Tagen zu einer absolut klaren gelblichen Flüssigkeit reduziert.

Der Zimmertemperaturindikator erscheint nach 3—4 Tagen bei Zimmertemperatur (18—20° C) gehalten, in derselben Art reduziert.[1])

1) Diese Reduktion würde sich natürlich bedeutend verzögern, wenn — was zur kalten Jahreszeit sehr oft geschieht — das betreffende Lokal übernacht ungeheizt bliebe. In solchen Fällen stellt man die Kultur besser in einen auf 18—20° geheizten Thermostaten ein.

Die Konzentrationen sind also so gewählt, dafs die Reduktionsfrist dem praktischen Gebrauch genügt:

Körpertemperaturkulturen werden gewöhnlich 1—2 Tage gezüchtet, die Zimmertemperaturkulturen 3—4 Tage.

Man kann sich also in jedem Falle unmittelbar vor der Herausnahme der Kulturen aus dem Anaerobenraum durch blofsen Blick (ob der Indikator vollkommen entfärbt ist) oder noch verläfslicher durch Einblasen einer winzigen Luftblase überzeugen, ob wirklich sämtlicher Sauerstoff beseitigt war. (Näheres siehe im weiteren.)

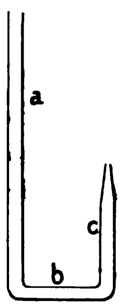


Fig. 1.
a in der Abbildung ist nur eine senkrechte Projektion d. länger. Armes, welcher aus der Ebene in einem Winkel von etwa 45° heraustritt. 1/4 natürl. Gröfse.

Aufserdem bietet der flüssige Indikator noch den folgenden nicht geringen Vorteil: Ist man im Zweifel, ob eine leichte Verfärbung unterhalb des Flüssigkeitsspiegels des Indikators wirklich vorhanden ist oder nur vorgetäuscht wird, so schüttelt man ein wenig den ganzen Apparat, während das Auge scharf unterhalb des Flüssigkeitsspiegels horizontal (gegen ein hinter der Glocke gehaltenes hell beleuchtetes Blatt weifsen Papiers) visiert: handelte es sich um eine Sauerstoffreaktion, so verschwindet dadurch die Verfärbung unterhalb der Oberfläche. Eventuell kann man die Trübung in Form von Wölkchen in der Flüssigkeit sinken sehen. Ist Sauerstoff in der Atmosphäre noch vorhanden, so bildet sich eine solche Verfärbung unterhalb des Flüssigkeitsspiegels nach 1 oder mehreren Stunden von neuem.

Die nötigen Utensilien sind die folgenden:

1. Ein Kippscher Wasserstoffentwickler (keine Waschgefäfse) mit einem etwa $^1/_2$ m langen Kautschukschlauch, in dessen freies Ende ein zweimal rechtwinklig gebogenes Glasrohr mit spitz ausgezogenem freien Ende eingesteckt ist.

Die Biegung des Glasrohres ist so ausgeführt, dafs seine beiden Endteile nicht in einer Ebene, sondern in zweien, welche um etwa 45° gegeneinander geneigt sind, liegen. (Siehe die Abbildung Fig. 1.)

Das Rohr soll ein Glasrohr — und zwar von Natronglas — sein, weil es so erreicht wird, daſs der am zugespitzten Ende des Rohres heraustretende Wasserstoff mit einer leuchtenden (gelben), also gut sichtbaren Flamme brennt[1]), welche in einem abgeschlossenen Luftvolumen nach und nach — in dem Maſse, wie der Sauerstoff aufgezehrt wird – mehr und mehr verblaſst.

2. Zwei Glasschüsseln, etwa 20—25 cm im Durchmesser und ca. 9—10 cm tief.[2])

3. Eine Glasglocke, ohne jede Nebenöffnung. Im praktischen Gebrauch (Durchmesser der angewendeten Petrischalen 8—9 cm, Länge der Eprouvetten 15 cm) haben sich 25—30 cm hohe Glaszylinder mit einem Durchmesser von 13 cm am besten bewährt.[3])

4. Ein dreibeiniges, etwa (7 bis) 9 cm hohes Tischchen, auf welches eine gewöhnliche Petrischale bequem gelegt werden kann (Durchmesser etwa 6—8 cm)[4]).

5. Ein dem Bilde Fig. 1 entsprechendes Glasrohr, dessen Arm c aber etwa 2 cm länger ist, als die Höhe des dreibeinigen Tischchens beträgt, und in einen kleinen, etwa 1 cm langen Endarm übergeht, welcher in die Richtung des Armes b gebogen ist. Am Ende des Armes *a* ist mittels eines kurzen, mit einem Quetschhahn armierten Kautschukschlauches ein etwa 50 ccm fassender Trichter aufgesetzt. Vor dem Gebrauch wird der Trichter mit destilliertem Wasser gefüllt und — indem der Quetschhahn auf einen Augenblick gelüftet wird — wird das ganze Glasrohr mit Wasser angefüllt »Röhrchen zum Einlassen des Wassers in die Pyrogallolschale«.

---

1) weil das Glas glühend wird.

2) Ich wende diejenigen an, welche im Laboratorium als feuchte Kammern zur Aufbewahrung von beimpften Petrischalen dienen.

3) Jedes beliebige Glasgefäſs von Becherform kann dazu verwendet werden, welches so groſs ist, daſs es die auf dem Tischchen (s. 4.) aufgestellten Kulturen samt dem Tischchen fassen kann und dem Flämmchen den zum Brennen nötigen Seitenraum gewährt.

4) Leicht so herzustellen, daſs man eine Petrischale mit Gipsbrei füllt, in denselben drei (7 bis) 9 cm lange Glasröhrchen (Beine) einsteckt und den Gips erstarren läſst. Springt die Petrischale infolge von Ausdehnung des Gipses, so werden die Glasscherben abgenommen und das Tischchen so benutzt.

6. Eine halbe leere Petrischale, wenigstens 1 cm tief; einige in der Hälfte zum Winkel von etwa 60° oder hufeisenförmig gebogene Glasröhren (»Glasrohrwinkel« zum Einschalten zwischen die aufgeschichteten Petrischalen).

7. Pyrogallol, in kleinere Stückchen zerschlagenes Kali oder Natronhydrat.

8. Ein kleines niedriges Bechergläschen zur Aufnahme des Indikators.

9. Wässerige, 1 proz. (1 : 100) Phenollösung; wässerige 20 proz. (20 : 100) Sodalösung (Kristallsoda); die oben beschriebene schwefelsaure Indigolösung; chemisch reiner Traubenzucker.

Die Ausführung meiner Methode.

In die eine Glasschüssel kommen:

Abschlufs-Flüssigkeit {
500 ccm 1 proz. wässerige Phenollösung,
70 » 20 proz. » Kristallsodalösung
50 g chemisch reinen Traubenzuckers.[1])

Hieraur

$^1/_2$ l Paraffinöl.[2])

Das Tischchen wird in der Schüssel aufgestellt, auf dasselbe die halbe Petrischale mit 5 g[3]) Pyrogallol und 5 g[3]) Kalilauge in Stücken (auf einem Papierstückchen aufgelegt, welches die Berührung zwischen Lauge und Pyrogallol verhindert).

Auf die Petrischale werden die besäten Petrischalen ohne Deckel und mit dem Boden nach oben gekehrt aufgeschichtet, wobei zwischen die einzelnen Schalen Glasrohrwinkel eingelegt werden: es wird also immer eine Schale, auf diese ein Glasrohrwinkel, auf diesen die folgende Schale usw. aufgelegt. Obenauf

---

1) Das bedeutend billigere technische Präparat hat sich nicht bewährt.

2) Das Paraffinöl schützt die Zuckerlösung vor zu schneller Oxydation.

3) Auf eine 3 l fassende Glasglocke kommen 5 g. — Es genügen zur vollständigen Absorption des Sauerstoffes auch 3 g, aber es geht dann die Absorption der letzten Sauerstoffspuren schon bedeutend langsamer vor sich. Anderseits ergibt eine Erhöhung der Menge auf 10 g keine wesentliche Beschleunigung der Absorption der letzten Sauerstoffspuren.

wird das Bechergläschen mit dem frisch bereiteten Indikator gestellt.

Dann wird die Wasserstoffflamme angezündet. Dieselbe wird etwa auf die Gröfse einer grofsen Erbse[1]) eingerichtet und das Glasrohr gleichzeitig mit dem Röhrchen zum Einlassen des Wassers in die Pyrogallolschale so in der Schüssel mit der linken Hand gehalten, dafs der Teil b (siehe die Abbildung Seite 332) in der Flüssigkeit untertaucht, auf dem Boden der Schüssel liegt, während die beiden freien Arme oberhalb des Paraffinöls herausragen: und zwar so, dafs das Flämmchen sich möglichst nahe neben dem dreibeinigen Tischchen befindet, während der andere freie Arm nahe an der Seitenwand der Schüssel herausragt. Hierauf wird die Glasglocke mit der rechten Hand langsam aufgesetzt und bis auf den Boden der Glasschüssel gesenkt.

[Sollen in dem Anaerobenraume Gelatinekulturen gezüchtet werden, so mufs die Wasserstoffflamme möglichst klein eingestellt werden, damit sich der Anaerobenraum nicht bis zum Schmelzpunkte der Gelatine erwärme. Besonders wenn man aufserdem für Abkühlung sorgt — kühler Raum, vorläufige starke Abkühlung der Gelatinekulturen, der Glasglocke, Aufsetzen einer mit Eis gefüllten Schüssel auf die Glocke — gelingt dies ganz gut. Zu beachten ist aber dabei, dafs die Flammenmündung des Glasrohrs aus recht dünn ausgezogenem Glase bestehe: denn bei stärkerem Glase wird das kleine Flämmchen nicht leuchtend, da es dickeres Glas nicht zum Glühen bringen kann.]

Dann wird das Flämmchen möglichst bis an den Flüssigkeitsspiegel[2]) gesenkt und unter sorgfältiger Beobachtung der steigenden Bewegung des Flüssigkeitsniveaus (infolge von Verzehrung des Sauerstoffes) an dem Arme *c* des Glasröhrchens

---

1) Für den Fall, dafs Gelatinekulturen dabei sind, siehe den nächsten (eingeklammerten) Absatz.

2) Es ist nötig, das Flämmchen bis möglichst in der tiefsten Schicht der Glockenatmosphäre zu halten, da es so am vollkommensten erreicht wird, dafs alle Luftteilchen mit der Flamme in Berührung kommen, also der Sauerstoff sehr vollkommen aufgezehrt wird. Eine unterhalb des Flämmchens liegende Luftschicht würde unvollkommener von Sauerstoff befreit werden.

fortwährend in dem Maſse nach oben gerückt, daſs der Flüssigkeitsspiegel das Flämmchen nicht erreicht. — Wenn der Sauerstoff in der Glockenatmosphäre schon in bedeutenderem Maſse aufgezehrt ist, beginnt das Flämmchen seine leuchtend gelbe Farbe zu verlieren, wird mehr und mehr schlecht sichtbar, wobei es sich am Ende ganz auffallend vergröſsert, und erlischt endlich. Das Erlöschen der Flamme wird auſserdem durch einen gröſseren plötzlichen Ruck[1]) des Flüssigkeitsspiegels nach oben angezeigt — was besonders gut an dem Arme c des Glasrohrs sichtbar ist.

Damit ist der Sauerstoff im groben aus der Atmosphäre beseitigt, und es liegt darin eben ein groſser Vorteil der Methode, daſs dieses Moment sehr deutlich erkenntlich ist.[2])

In diesem Moment wird der Hahn am Kippschen Wasserstoffentwickler geschlossen, durch entsprechende Senkung des Armes *a* des Glasrohres der innerhalb der Glocke befindliche Arm *c* in der Flüssigkeit horizontal auf den Boden der Glasschüssel gesenkt und auf demselben gleitend unterhalb des Glockenrandes hervorgezogen. (Der Glockenrand muſs dabei natürlich unter dem Flüssigkeitsspiegel bleiben.)

Hierauf wird das andere Glasrohr (mit Wasser) in der Glocke so aufgestellt, daſs sein kurzer Endarm in die Pyrogallolschale hineinragt, und unter Lüftung des Quetschhahnes werden etwa 25 ccm Wasser (auf 5 g Lauge und 5 g Pyrogallol) eingelassen. Dann wird auch dieses Glasrohr aus dem Glockeninneren herausgezogen.[3])

---

1) Infolge von Abkühlung — also Volumverminderung — des in der Anaerobenglocke enthaltenen Gases.

2) Bei den Methoden, welche die Luft aus der Glocke mittels eines anderen Gases vertreiben, hat man keinen Anhaltspunkt dafür, wann der Sauerstoff im groben schon beseitigt ist, wann man eigentlich mit der Durchspülung des Anaerobenraumes mit dem anderen Gase aufhören soll.

3) Die Auſsenfläche des Glasrohrs wird sorgfältig gereinigt, damit bei dem nächsten Gebrauch kein Paraffinöl mit dem Wasser in die Pyrogallolschale eingespült werde.

Also die alkalische Pyrogallollösung bildet sich erst, nachdem die grobe Sauerstoffmenge schon beseitigt ist.

Eine Waschung des Wasserstoffes ist unnötig; was wieder eine nicht geringe Vereinfachung bedeutet. Das durch Waschflaschen gurgelnde Gas würde auch nicht ohne weiteres eine kleine ruhige Flamme geben. Die event. in dem Wasserstoff vorhandenen Spuren von Sauerstoff werden verbrannt. Ebenso verfällt der Verbrennung der Schwefelwasserstoff und Arsenwasserstoff: Die Verbrennungsprodukte sind teils unschädlich (Wasser) teils bei Anwendung reinen Zinks in verschwindender Menge anwesend (Oxyde des Schwefels und des Arsens) und werden noch zum Teil von der alkalischen Pyrogallollösung absorbiert.

Bei der Lüftung der Glocke zum Zwecke der Herausnahme von Kulturen empfiehlt es sich nicht, dieselbe einfach nur herauszuheben, da dabei infolge des plötzlichen Eindringens von Luftblasen die Flüssigkeit in der Glocke stark herumspritzt, wodurch die Kulturen verunreinigt werden.

Ich verfahre auf die folgende Art:

Unterhalb des entsprechend gehobenen Glockenrandes wird durch die Flüssigkeit ein ebenso wie das Wasserstoffgasrohr gebogenes Glasrohr eingeführt. Während der Einführung wird die Mündung des längeren Armes durch einen Finger zugestopft gehalten, damit keine Flüssigkeit eindringt. Durch dieses Glasrohr wird eine Kommunikation zwischen der Glockenatmosphäre und der äufseren Luft hergestellt, sodafs bei der Hebung der Glocke — welche langsam auszuführen ist — die Luft durch das Rohr ungehindert eindringt.

Die abgehobene Glocke wird in der zweiten Schüssel aufgestellt, da von dem unteren Teil ihrer Wände Zuckerlösung und Paraffinöl abläuft.

Ist die ganze Vorrichtung samt den nötigen Flüssigkeiten, Pipetten, Glasröhren, Chemikalien, einmal zusammengestellt, so gestaltet sich die weitere Manipulation sehr einfach und sehr wenig zeitraubend:

Beim Anlegen neuer Anaerobenkultur braucht man nur die Pyrogallol- und die Laugeportion abzuwiegen, in die Schale einzulegen; dann wird der Indikator zusammengemischt, die Kulturen aufgeschichtet, die Wasserstoffflamme in die Schüssel gehalten, die Glocke aufgesetzt, nach Auslöschen der Flamme Wasser in die Pyrogallolschale eingelassen und beide Glasröhren herausgezogen.

Ein Mifslingen ist mir bei dieser Methode niemals vorgekommen, so dafs man sich nach längerer Anwendung derselben versucht fühlen kann, den Indikator — wenn es sich nicht um besonders wichtige Versuche handelt — wegzulassen, was natürlich eine weitere Vereinfachung bedeuten würde.

Wenn man nämlich nach der Vorschrift verfährt, ist man von allen Zufälligkeiten unabhängig: Die Wasserstoffflamme zehrt den Sauerstoff bis auf einen ganz bestimmten Rest auf[1]), und die Menge des alkalischen Pyrogallols ist so abgemessen, dafs sie reichlich hinreicht, diese bestimmte restliche Menge Sauerstoff vollkommen zu beseitigen.

Analyse der Methode in Bezug auf ihre wissenschaftliche Eignung.

Vom wissenschaftlichen Standpunkt aus verlangen wir von einer solchen Methode, dafs der Sauerstoff aus der Atmosphäre 1. möglichst vollkommen, 2. möglichst rasch beseitigt wird, dafs 3. dieser sauerstofffreie Zustand hinreichend lange sicher bestehen bleibt, und 4. dafs die Sauerstoffabwesenheit möglichst einfach kontrollierbar sei.

1. Bis zu welchem Grade wird bei meiner Methode der Sauerstoff aus der Atmosphäre beseitigt?

Es gibt natürlich kein Mittel, selbst ein einziges Molekül, überhaupt die allergeringsten Spuren freien Sauerstoffs in Gasgemischen direkt nachzuweisen.

1) Natürlich mufs ein vorzeitiges Erlöschen der Flamme — durch Erschütterungen des Apparates, durch Aufsteigen des Flüssigkeitsspiegels bis zur Mündung des Glasröhrchens, Knickung des Kautschukschlauches u. a. — verhütet werden.

Ich habe aber meine Methode in diesem Punkte auf folgende Art geprüft:

Es wurde auf die beschriebene Art die »sauerstofffreie« Atmosphäre unter der Glocke hergestellt und die vollkommene Entfärbung des Indikators abgewartet. Hierauf wurde unter die Glocke ein bestimmtes — in verschiedenen Fällen verschiedenes — Luftvolum eingespritzt[1]) und beobachtet, bei welcher kleinsten Quantität eingespritzter Luft der Indikator noch einen zweifellosen Ausschlag gibt.

Es hat sich durch zahlreiche solcher Versuche herausgestellt, dafs nach Einspritzung von etwa 3 cmm Luft, also von etwa $^1/_2$ cmm Sauerstoff in einer Anaerobenatmosphäre von etwa 2 l Inhalt noch eine sehr starke Reaktion eintritt.[2]) Eine kleinere Luftquantität mit einiger Genauigkeit abzumessen gelang nicht mehr gut. Es handelt sich natürlich so schon um etwa ein Viertel eines Milliontels des ganzen Gasvolums.

---

1) Die Einspritzung des abgemessenen Luftvolums wurde mittels einer Pravazspritze ausgeführt, auf welche anstatt der Hohlnadel eine Glaskanüle aufgesetzt ist. Das freie Ende der Kanüle ist in derselben Weise doppelt gebogen, wie die oben beschriebene Kanüle zur Lüftung der Anaerobenglocke und die Wasserstoffkanüle. Dasselbe ist zu einem lichten Durchmesser von etwa 1 mm ausgezogen. Die Einspritzung z. B. von 5 cmm Luft (= 1 cmm Sauerstoff) wird folgender Art ausgeführt: Die Spritze und die Kanüle wird mit Wasser fast vollgesogen; hierauf wird das Ende der Kanüle bei sonst unveränderter Stellung aus dem Wasser etwas herausgehoben, abgetrocknet, so dafs die Kanüle eben mit Wasser voll ist, und nun wird der Spritzenstempel soweit zurückgezogen, dafs in die Spitze der Kanüle eine 5 mm lange Luftsäule eintritt. Hierauf wird die Spitze der Kanüle wieder in das Wasser untergetaucht und die Luftsäule durch eine kleine eingesogene Wassersäule abgeschlossen. Die ganze Spritze wird jetzt ohne sonstige Lagenveränderung aus dem Wasser herausgehoben, die Kanülenspitze in die Verschlufsflüssigkeit eingetaucht, in die Glocke bis oberhalb des Flüssigkeitsniveaus eingeführt, und nun unter Kontrolle des Auges das Luftbläschen aus der Kanüle herausgedrückt.

2) Diese Reaktion tritt nicht augenblicklich zum Vorschein. Wenn man sie stark sehen will, läfst man die ganze Sache $1^1/_2$—2 Stunden nach der Einspritzung in Ruhe. Dann kann man die bei Erschütterung von der Oberfläche niedersinkenden braunen Wolken sehr deutlich sehen. Ist die Reaktion stärker, so tritt endlich blaue Verfärbung auf.

Also der Zusatz einer so kleinen Quantität Sauerstoffs gibt eine positive Reaktion. Dabei ist noch zu bedenken, dafs sich im Kontakt mit der eingeschlossenen Atmosphäre die ungesättigte alkalische Pyrogallollösung befindet, welche sogleich den eingedrungenen Sauerstoff an sich lockt. Also es kommt selbst von dieser äufserst geringen Menge Sauerstoffs nur ein Teil zur Einwirkung auf den Indikator und zwar offenbar ein ziemlich kleiner Teil, da 1. die Indikatorflüssigkeit ein bedeutend geringeres Sauerstoffabsorptionsvermögen hat als die alkalische Pyrogallollösung und aufserdem bei meiner Anordnung 2. dem Sauerstoff eine viel geringere Oberfläche bot als die Pyrogallollösung.

Aus alledem geht hervor, dafs mein Indikator Sauerstoff in kleinen Brüchen eines Milliontels des Gesamtvolumen noch anzeigt.

Übernacht oder in zwei Tagen war dann die Reaktion gewöhnlich wieder verschwunden — offenbar infolge von Absorption des Sauerstoffes durch die Pyrogallollösung (zum geringen Teil auch durch den Indikator), und das Spiel konnte wiederholt werden.

Es erscheint aus dem Ganzen der Schlufs berechtigt, dafs bei meiner Methode der Sauerstoff aus der Atmosphäre vollkommen beseitigt wird.[1])

2. Binnen welcher Zeit nach dem Ansetzen wird der Sauerstoff vollkommen beseitigt?

Durch die Wasserstoffflamme werden in circa 10 Minuten etwa *a*) vier Fünftel der Sauerstoffmenge beseitigt. Die alkalische Pyrogallollösung absorbiert sodann *b*) das letzte Fünftel im groben innerhalb etwa 2—3 Stunden.

Es ergibt sich dies daraus, dafs bei meinen 22 cm hohen Anaerobenglocken die Flüssigkeit nach dem Erlöschen der Flamme fast 4 cm hoch (bei leerer Glocke) über dem Boden stehen

1) Die Erklärung, dafs der Indikator vielleicht für eine gewisse Menge Sauerstoff unempfindlich wäre und erst bei Überschreitung dieses Schwellenwertes reagieren würde, würde bei unseren jetzigen chemisch-physikalischen Kenntnissen jeder Begründung entbehren.

bleibt[1]), (natürlich erst nachdem sich die Temperatur ausgeglichen hat, gemessen: also wenigstens eine Viertelstunde nach dem Erlöschen der Flamme) und nachdem sich dann die alkalische Pyrogallollösung gebildet hat, innerhalb 2—3 Stunden noch weiter, etwa bis 4,5 cm hoch steigt, worauf dann keine innerhalb Stunden merkliche Steigung mehr erfolgt.

Es läfst sich aber mittels meines Indikators ermitteln, dafs — wenn die angesetzte Anaerobenglocke bei 18—20° C aufbewahrt wird — *c*) die letzten Spuren des Sauerstoffes erst nach 24—30 Stunden verschwinden. Bei Aufbewahrung bei 37° C etwa nach 6—8 Stunden.

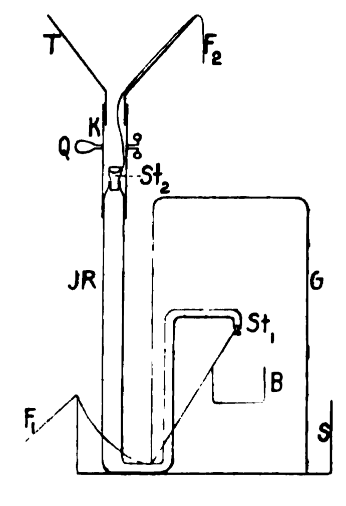


Fig. 2.

Dies habe ich auf die folgende Art ermittelt:

In das Glasrohr *JR* (siehe die Abb. Fig. 2) wird die frisch bereitete Indikatorflüssigkeit so eingefüllt, dafs kein Luftbläschen darin bleibt (beide Enden sind mit Korkpfropfen verschlossen). Auf das breitere Ende des Glasrohres wird ein kurzer, mit einem Quetschhahn *Q* armierter Kautschukschlauch *K* aufgesetzt, in welchen Paraffinöl (unter Lüftung des Quetschhahnes) eingefüllt wird; das oberhalb des Quetschhahnes stehende Paraffinöl wird ausgegossen. Das dünne Ende des Glasrohres wird durch den Stopfen einer mit Indikatorflüssigkeit gefüllten kleinen Flasche durchgesteckt. In diesem Zustande wird das Indikatorrohr ruhig belassen, bis sich die Flüssigkeit vollkommen entfärbt — also fähig ist, Sauerstoff anzuzeigen.

Jetzt wird alles, was zur Herstellung der sauerstofffreien Atmosphäre nötig ist, vorbereitet und nun das dünne Ende des

---

1) Will man diesen Versuch richtig ausführen, so mufs man anfangs die Flamme ganz klein machen, damit sich die Luft nicht durch Erwärmung übermäfsig ausdehne und nicht teilweise unterhalb des Glockenrandes entweiche. Aus demselben Grunde mufs die Glocke genau senkrecht gehalten werden.

Indikatorrohres aus dem Fläschchen herausgezogen, und das Rohr so unter der Glocke G aufgestellt, wie es die Fig. 2 S. 341 zeigt. In das freie Ende des Kautschukrohres wird ein kleiner Trichter eingesteckt, welcher etwa zur Hälfte mit Paraffinöl nachgefüllt wird.

Ist der Moment gekommen, in welchem wir die Glockenatmosphäre auf Sauerstoffgegenwart untersuchen wollen, so zieht man den Stopfen St_1 durch Zug am Faden F_1 aus der Öffnung des Glasrohres heraus, ebenso den Stopfen St_2 durch Zug am Faden F_2, neigt das Rohr so, dafs sich seine Mündung in der Glocke nicht mehr oberhalb des Becherglases B befindet, läfst durch vorsichtiges Lüften des Quetschhahnes Q den an der Öffnung befindlichen blau verfärbten Teil der Indikatorflüssigkeit herausfliefsen und läfst den ganzen Apparat dann in Ruhe. Verfärbt sich die in der Öffnung stehende Indikatorflüssigkeit innerhalb $^1/_2$—1 Stunde nicht mehr blau, so ist der Sauerstoff schon vollkommen beseitigt. (Man kann, um sich noch sicherer davon zu überzeugen, in das Becherglas B eine gröfsere Menge der Indikatorflüssigkeit einfliefsen lassen und nun beobachten, ob sich unter der Flüssigkeitsoberfläche nach einiger Zeit eine Verfärbung zeigt.) Wenn sich der Endteil der Indikatorsäule blau verfärbt, so läfst man ihn wieder herausfliefsen und beobachtet in derselben Weise weiter, bis die Zeit kommt, dafs keine Verfärbung mehr eintritt.

Anmerkung. Es empfiehlt sich nicht, den Anaerobenapparat nach dem Ansetzen zum Zwecke der Verhinderung des Wachstums der Mikroben bis zur vollständigen Absorption des Sauerstoffes in den Eisschrank einzustellen. Durch so niedrige Temperaturen wird nämlich auch die Absorption des Sauerstoffes durch die Pyrogallollösung gar zu stark verzögert, so dafs sie nach meinen Untersuchungen selbst nach 8 Tagen noch nicht beendet ist. — Aufserdem ist auch die zuckerhaltige Abschlufsflüssigkeit bei so niedriger Temperatur nicht mehr fähig, allen von aufsen in die Glocke diffundierenden Sauerstoff zu binden. Aus dem eben angeführten Grunde mufs der Apparat stets bei wenigstens 15° C aufbewahrt werden. Im Winter darf er also nicht einfach frei in einem während der Nacht erkaltenden Laboratorium belassen werden, sondern wird in einem auf 18° geheizten Thermostaten aufbewahrt, wenn wir die Kulturen bei »Zimmertemperatur« züchten wollen.

Will man die Zeit der Absorption des Sauerstoffes um einige Stunden abkürzen, so wäscht man nach dem Erlöschen der Flamme den Anaerobenraum noch mit reinem Wasserstoff durch. Die beste Vorschrift dazu enthält das Verfahren der Wiener Schule.[1]) Nur würde ich empfehlen, einen Wasserverschlufs an der Auslaufsöffnung des Ableitungsrohres anzuwenden.

Natürlich hat man dann in der Glocke nicht eine sauerstofffreie Luftatmosphäre, sondern eine Wasserstoffatmosphäre; und die ganze Manipulation ist in nicht unbedeutendem Mafse umständlicher.

3. Wie lange wird der Anaerobenraum sicher sauerstofffrei gehalten?

Die Abschlufsflüssigkeit hat sich bei wechselndem Aufenthalt bei 18° und 37° als wenigstens 2 Monate brauchbar erwiesen, also solange kann der Anaerobenraum ohne jedes Zutun sauerstofffrei gehalten werden.[2]) (Wie oben angeführt, darf aber die Temperatur nicht etwa unter 15° C sinken, da die Abschlufsflüssigkeit bei so niedrigen Temperaturen nicht mehr den eindringenden Sauerstoff zu binden vermag.)

Nach dieser Zeit wird die Zuckerlösung mittels eines Hebers von unterhalb der Paraffinölschicht abgelassen und einfach neue in die Schüssel eingegossen.

Man kann sich übrigens jeden Augenblick leicht überzeugen, ob die Zuckerlösung noch sauerstoffbindende Kraft besitzt:

Man entnimmt mittels einer Pipette von unterhalb der Paraffinschicht etwa 20 ccm der Zuckerlösung, läfst sie in eine Eprouvette ausfliefsen, und setzt einen kleinen Tropfen starker Methylenblaulösung unter Umschütteln — bis zur himmelblauen Verfärbung — zu: Wenn die Zuckerlösung noch genug sauerstoffbindende Kraft besitzt, entfärbt sich die Lösung in den tieferen Schichten binnen 1—2—3 Stunden (bei 18—20° C).

Es ist ferner praktisch wichtig, dafs selbst ein blofses kurzdauerndes Herausheben des Randes der Anaerobenglocke über

1) Grafsberger-Schattenfroh, Archiv f. Hygiene, Bd. 37.

2) Bei höherer Temperatur erschöpft sie sich früher als bei niedrigerer.

den Spiegel der Abschlufsflüssigkeit, bei welchem der Glockenrand noch vollkommen im Paraffinöl untergetaucht bleibt, zum Eindringen einer — wenn auch augenscheinlich geringen — Sauerstoffmenge in die Anaerobenatmosphäre hinreicht: Der Indikator bläut sich in 1—2 Stunden auf der Oberfläche. Der Glockenrand mufs also rundherum stets in der Abschlufsflüssigkeit untergetaucht sein.

4. Die Sauerstofffreiheit kann in jedem Falle sicher und einfach kontrolliert werden.

Die sichere Kontrolle geschieht dadurch, dafs man mit den Kulturen, wie bei der Methode von Kabrhel, den Indikator in den Anaerobenraum einbringt, und etwa 2 Stunden vor dem Lüften der Glocke wird etwa 1 cmm Sauerstoff (= etwa 5 cmm Luft) unter die Glocke eingespritzt. Der Indikator mufs nach 1—2 Stunden eine deutliche positive Reaktion geben, wenn alles in Ordnung ist.

Studien über den Filtrationseffekt der Grundwässer.[1])

Von

Prof. Dr. **Gustav Kabrhel.**

I. Teil.

(Mit Tafel VIII und IX.)

Einleitung.

Die Beurteilung der hygienischen Qualität der mit Hilfe der Sandfiltration gereinigten Wässer ist durch Anwendung der bakteriologischen Methodik und durch das experimentelle Studium der einschlägigen Fragen in so bestimmte Bahnen geleitet worden, dafs die in dieses Gebiet gehörigen Fälle mit einer solchen Sicherheit und Präzision zur Lösung gebracht werden können, die — sofern es sich um praktische Ziele handelt — kaum etwas zu wünschen übrig lassen.

Dieses Ziel wurde jedoch erst dann erreicht, als man die Aufmerksamkeit dem Studium des wirklichen Filtrationseffektes zugewendet hat, d. h. dem Studium des Verhältnisses zwischen der in einer Volumseinheit des auf das Filter gebrachten Wassers enthaltenen Mikrobenzahl zu derjenigen, welche durch das unter bestimmten normalen Bedingungen arbeitende Filter tatsächlich hindurchgelangt.

Auf diesen Umstand, nämlich auf den wirklichen Filtrationseffekt, mufste aus dem Grunde die Aufmerksamkeit notwendigerweise konzentriert werden, weil die von dem Sandfilter herabgelangende Mikrobenzahl sich als Resultante von zwei verschiedenen Vorgängen erwiesen hat und zwar:

1) Der Böhm. Kaiser-Franz-Josephs-Akademie vorgelegt am 18. V. 06.

a) der Zurückhaltung der Mikroben, welche in dem eventuellen Absterben der zurückgehaltenen Mikroben auf der Stelle, an welcher sie stecken geblieben sind, ihren Gipfel erreicht, und welche insbesondere in dem gewöhnlich als Filterhaut bezeichneten Teile des Filterkörpers zur Geltung kommt;

b) der Aufnahme von saprophytischen Wassermikroben welche im Sandkörper wuchern, an welcher zum gröfsten Teile namentlich die unter der Filterhaut gelegenen Teile des Filterkörpers beteiligt sind.

Für die Beurteilung der Sandfilter in hygienischer Beziehung ist ausschliefslich die die Zurückhaltung der Mikroben betreffende Komponente entscheidend. Die Aufnahme von Mikroben aus den unteren Schichten fällt, da es sich um saprophytische Wassermikroben handelt, nicht in die Wagschale.

Ursprünglich hegte man die Meinung, dafs die Sandfilter sämtliche in dem auf das Filter gebrachten Wasser enthaltenen Mikroben zurückhalten.

Durch die Versuche von Piefke-Fränkel[1]) und Kabrhel[2]) ist der Nachweis geliefert worden, dafs diese Ansicht nicht richtig ist, sondern dafs die Sandfilter Mikroben hindurchlassen. Durch die Versuche von Kabrhel wurde fernerhin festgestellt, dafs man den Filtrationseffekt im Stadium der vollkommenen Leistungsfähigkeit unter normalen Druck- und Filtriergeschwindigkeitsbedingungen durch das Verhältnis 7000 : 1 auszudrücken vermag, was soviel heifst, als dafs von 7000 Mikroben des auf das Filter gebrachten Wassers blofs ein einziger im Filtrate wiedererscheint.

Bei der Lösung praktischer Fragen ist es jedoch nicht notwendig, den wirklichen Filtrationseffekt zu bestimmen. Es genügt, die Zahl der im Wasser vor und nach der Filtration enthaltenen Mikroben überhaupt festzustellen (wenn auch in der Mikrobenzahl des Filtrates neben den durch das Filter wirklich hindurchgelangten Mikroben auch solche aus den unteren Schichten des Sandkörpers einbegriffen sind).

1) Zeitschr. f. Hygiene, Bd. 8, S. 1.
2) Archiv f. Hygiene, Bd. 31, S. 373.

Es genügt dies aus dem Grunde, weil man — solange sich die Mikrobenzahl des Filtrates in den Minimalwerten von 20—40—60 in 1 ccm bewegt — zu dem Schlusse berechtigt ist, dafs das Sandfilter in vollkommener Weise fungiert, und dafs unter solchen Verhältnissen, wie aus den Versuchen von Kabrhel hervorgeht, der wirkliche Filtrationseffekt im Werte von 7000 : 1 zur Geltung kommt.

Die Bestimmung der Mikrobenzahl im Wasser, das einerseits auf das Filter gelangt, anderenteils vom Filter herabfliefst, bildet also den Mafsstab, den Indikator, ob der wirkliche Filtrationseffekt den Wert, welcher der Sandfiltration im Stadium der vollkommenen Leistungsfähigkeit eigen ist, erreicht oder nicht.

Da der Filtrationseffekt der Sandfilter kein absoluter ist, sondern — selbst bei der technisch vollkommensten Führung des Filtriervorganges — stets ein Bruchteil der Mikroben durch das Filter geht, so erscheint es nötig, die Frage zu diskutieren, was für ein Filtrationseffekt notwendig sei, um gegen die infektiösen Eigenschaften der zur Sandfiltration benutzten Oberflächenwässer den genügenden Schutz zu bieten.

Diesbezüglich geben besonders die bei der Choleraepidemie im Jahre 1892 in Hamburg und Altona gewonnenen Erfahrungen die notwendige Direktive.

Das Wasserwerk beider Städte lieferte bekanntlich Elbewasser und zwar das Altonaer sorgfältig durch Sandfilter gereinigtes, das Hamburger aber unfiltriertes Wasser. Während Hamburg von einer schrecklichen Epidemie ergriffen wurde, blieb Altona verschont; die daselbst auftretenden Choleraerkrankungen trugen einen gänzlich sporadischen Charakter. Es wurde der Beweis geliefert, dafs Altona diesen günstigen Zustand dem Umstande zu verdanken hatte, dafs es von durch Sandfiltration gereinigtem Wasser versorgt wurde.

Da jedoch der wirkliche Filtrationseffekt im Stadium der vollkommenen Leistungsfähigkeit bei den in der Praxis üblichen Geschwindigkeiten höchstens den Wert von 7000 : 1 erreichen kann, so geht aus dem Verlaufe der Hamburg-Altonaer Epidemie hervor, dafs der durch den Zahlenwert 7000 : 1 ausgedrückte

Filtrationseffekt im allgemeinen zur Entfernung der infektiösen Eigenschaften des zum Trinken bestimmten Wassers genügt.

Die Feststellung von pathogenen Keimen erscheint mit Bezug auf die Erreichung von Kriterien zur Beurteilung der Funktion der Sandfilter von untergeordneter Bedeutung.

Es ist ja klar, dafs man bei Kenntnis des Filtrationseffektes sich auch über den Durchtritt der Mikroorganismen durch das Filter eine Vorstellung bilden könne, falls das auf das Filter gebrachte Wasser solche Mikroorganismen enthält.

Je schlechter unter solchen Umständen der Filtrationseffekt sein wird, desto gröfser wird die Menge der durch das Filter hindurchgetretenen pathogenen Mikroben und natürlich auch die Infektionsgefahr sein.

Es mufs jedoch gleichzeitig im Auge behalten werden, dafs eine auf der Suche nach pathogenen Mikroorganismen basierte Untersuchung der Filterfunktion auf Abwege zu bringen vermöchte. Denn man wird derselben zu Zeiten, in welchen sie sich in dem auf das Filter gebrachten Wasser nicht befinden, auch im Filtrate nicht finden können, selbst wenn das Filter schlecht fungieren sollte.

Im Falle aber, dafs sie in dem auf das Filter gelangenden Wasser zutage treten und ein Teil derselben durch das Filter dringt, so wird sich der Befund derselben mit Bezug auf die Prophylaxe der betreffenden Krankheiten als etwas verspätet erweisen; denn bevor man zur Kenntnis jener pathogenen Keime gelangt, wird vom Filter infektiöses Trinkwasser abgegeben werden, was weitreichende Kalamitäten nach sich ziehen kann.

Aus dem Angeführten geht hervor, dafs bei der Sandfiltration die stetige Kontrolle des Filtrationseffektes das Alpha und Omega bildet; dieselbe kann sich jedoch nicht auf eine bakteriologische Jagd auf pathogene Mikroorganismen richten, sondern auf die Untersuchung, ob sich der Filtrationseffekt bei dem notwendigen Vollkommenheitsgrade erhält, wozu die Feststellung der Mikrobenzahl vor und nach der Filtration, insoferne es sich um praktische Ziele handelt, genügt.

Es frägt sich nun, ob es nicht möglich wäre, auch die Beurteilung der Grundwässer auf solche einfache Grundsätze zurückzuführen, welche sich für die Beurteilung der durch Sandfilter gereinigten Wässer als so fruchtbringend erwiesen haben, besonders aber ob es nicht möglich wäre, die notwendigen Kriterien einerseits auf Grund der Feststellung des wirklichen Filtrationseffektes, anderseits auf Grund der Bestimmung des Indikators des Filtrationseffektes zu erlangen.

Für die Beurteilung dieser Frage erscheint es zweckmäfsig, sich die Hauptererkenntnisse bezüglich der Zurückhaltung von korpuskulären Elementen überhaupt und bezüglich der Bakterien, insbesondere im Boden, zur Erinnerung zu bringen. Diesbezüglich sei das Folgende hervorgehoben.

Bei dem Durchtritte von Flüssigkeiten durch die porösen Bodenschichten bleiben die in denselben enthaltenen korpuskulären Elemente, inkl. die Mikroben, nicht gänzlich der Bewegung betreffender Flüssigkeit untergeordnet, sondern bleiben je nach gegebenen Verhältnissen an irgendwelcher Stelle hängen, verfangen sich. Dies gilt sowohl bezüglich der vertikalen, als auch bezüglich der horizontalen Bewegung des Grundwassers, als welche ich die Bewegung des letzteren auf der wasserdichten Sohle bezeichne. Die Ursachen dieser Erscheinung. welche gewöhnlich als Bodenfiltration bezeichnet wird, sind im allgemeinen in den nachfolgenden Momenten zu suchen.

Das Haftenbleiben der Körperchen kann vor allem dadurch bedingt werden, dafs die dieselben enthaltende Flüssigkeit bei ihrer Bewegung durch den Boden mit Poren in Kontakt geraten, deren Dimensionen im Verhältnis zu jenen Körperchen kleiner sind, wodurch ein weiteres Vordringen der letzteren unmöglich gemacht wird. Des weiteren mufs im Auge behalten werden, dafs der den Flüssigkeiten durch die Poren des Bodens offenstehende Weg kein geradliniger, sondern im Gegenteil ein mehr oder weniger gebrochener und verzweigter ist. Er bildet ein Netz von Gängen, welche ungleich breit, unregelmäfsig sind, sich stellenweise verengern und wieder verbreitern und verschiedene Seitenhöhlungen und Vorsprünge besitzen.

Es ist leicht begreiflich, dafs sich in einem solchen Netze von Gängen, besonders an Stellen, an welchen Vorsprünge oder Höhlungen oder Gabelungen vorhanden sind, die in den durchsickernden Flüssigkeiten enthaltenen Körperchen verfangen können und zwar selbst in Fällen, in welchen die Dimensionen des Körperchens kleiner sind als diejenigen des Porenganges.

Desgleichen ist es leicht begreiflich, dafs auch die Adhäsion, welche, je nach der Natur der Körperchen, mit Bezug auf die Bodenkörner gröfser oder kleiner sein kann, auf die Zurückhaltung derselben im Boden einen bedeutenden Einflufs ausübt.

Es ist klar, dafs die angeführten Einflüsse um so mehr zur Geltung gelangen werden, wenn es sich um Stellen im Boden handelt, an welchen sich die Flüssigkeiten blofs an der Oberfläche der Bodenkörner (in der Verdunstungs- und Durchgangszone) bewegen, und dafs die Wirksamkeit derselben desto gröfser sein wird, je kleiner die Geschwindigkeit der durchtretenden Flüssigkeiten, d. h. die Kraft, mit welcher die Flüssigkeiten vom Strome getragen werden, kleiner sein wird. Unter den Verhältnissen, unter welchen Flüssigkeiten in der Natur den Boden durchdringen, ist ja deren Geschwindigkeit auch tatsächlich sehr klein. Dies gilt besonders von den meteorischen Niederschlägen, deren Wasser in vertikaler Richtung in die Tiefe sickert.

Darüber belehren uns die Untersuchungen von Hoffmann[1]) durch welche der Vorgang des Durchtrittes der Regenniederschläge durch die Bodenschichten in die Tiefe in geziemender Weise aufgeklärt wurde.

Hinsichtlich dieser Frage möchte ich folgendes mitteilen:

Hoffmann unterscheidet, indem er einesteils den Wassergehalt der Bodenschichten, andernteils die Beziehung der letzteren zu den durch den veränderlichen Stand des Grundwassers und das Schwanken der Wasserniederschläge verursachten Veränderungen berücksichtigt, im Boden drei Regionen:

1) Archiv für Hygiene, Bd. 1.

1. Die Verdunstungszone benennt Hoffmann die oberste Bodenschichte, in welcher die zahlreichsten und intensivsten Feuchtigkeitsänderungen verlaufen. Infolge grofser Regengüsse kann es in dieser Zone zu dem höchsten Grade der Durchfeuchtung, in niederschlagfreien Perioden zu einer namhaften Austrocknung kommen.

Es mufs hervorgehoben werden, dafs für die Feuchtigkeit dieser Zone sowohl die Wasserniederschläge, als auch der Wassergehalt der unteren Schichten mafsgebend sind. Der letztere insofern, als in gewissen Perioden (zur Trockenzeit) das verdunstete Wasser durch Einwirkung des kapillaren Wasserstromes, welcher aus den unteren Schichten hinaufdrängt, zum Teile ersetzt werden kann, was einerseits von dem Grade der Austrocknung, anderseits von dem Grundwasserstande abhängt.

2. Die Durchgangszone ist nach Hoffmann jene mittlere unter der Verdunstungszone gelegene Bodenschichte, in welcher sich der Wassergehalt, da eine Verdunstung (wenigstens direkt) nicht zur Geltung kommt, in den gegebenen Verhältnissen auf einem bestimmten konstanten Werte hält. In dieser Zone ist so viel Wasser enthalten, als durch die Wirkung der Kapillarität bei unten freiem Abflusse zurückgehalten zu werden vermag. Mit Rücksicht darauf entspricht der Wassergehalt dieser Schichte der sog. absoluten Wasserkapazität.

Infolgedessen mufs, wenn in diese Zone von oben ein Wasserquantum eindringt (wenn z. B. bei Regengüssen die Verdunstungszone auf die Zurückhaltung des durch die Niederschläge herabgefallenen Wassers nicht hinreicht), aus dieser Zone unten so viel Wasser abfliefsen, als auf die Oberfläche gelangt ist. Die Bewegung des Wassers wird hauptsächlich auf der Oberfläche der Körnchen bewirkt. Ein grofser Teil des Porenvolumens bleibt konstant mit Luft erfüllt.

Die oberen und unteren Grenzen dieser Zone unterliegen bedeutenden Veränderungen. Zur Zeit einer gröfseren Bodendurchnässung (bei gleichzeitig ansteigendem Grundwasserstande) wird sich die obere Grenze der Bodenoberfläche nähern, zur Zeit der Trockenheit von derselben entfernen.

3. Die Zone des kapillaren Standes des Grundwassers.

Man kann beobachten, dafs sich das Grundwasser, dessen obere Grenze der Wasserspiegel der auf dem betreffenden Terrain hergerichteten Brunnen oder Schächte vorstellt, durch Einwirkung der Kapillarität zu einer bestimmten Höhe hebt, so dafs die Bodenporen noch oberhalb dieses Wasserspiegels bis zu einer gewissen Höhe mit Wasser in bedeutenderem Mafse gefüllt sind, als es der absoluten Kapillarität entspricht.

Die direkt oberhalb des Niveaus der Grundwässer gelegenen Bodenteile, in welche das Grundwasser durch Einwirkung der Kapillarität gehoben wird — die maximale Kapazität — heifsen die Zone des kapillaren Standes des Grundwassers.

Die Höhe der kapillaren Erhebung richtet sich freilich hauptsächlich nach der Gröfse der Poren.

In einem grob porösen Boden geht der Anstieg rasch vor sich, doch ist die erreichte Höhe klein. In fein poröser Formation ist das Ansteigen langsam, dagegen die erreichte Höhe bedeutend.

Bei einer derartigen, durch Kapillarität bedingten Bewegung des Wassers in die Höhe werden die Poren allmählich mit Wasser gefüllt, so dafs ein allmählicher Übergang zu dem Wassergehalte der Durchgangszone entsteht.

Mit Rücksicht auf das, was von den Eigenschaften der oberhalb des Grundwassers befindlichen Schichten bisher angeführt worden ist, mufs es nunmehr klar sein, dafs die auf die Bodenoberfläche niedergefallenen Wasserniederschläge nicht früher in die Durchgangszone werden gelangen können, bevor die Kapillaren der Verdunstungszone nicht vom Wasser erfüllt sein werden.

Wenn es also z. B. längere Zeit hindurch nicht geregnet hat, so kann es vorkommen, dafs das gesamte Wasser des ersten Regens nur in der Verdunstungszone verbleibt, so dafs in die Durchgangszone überhaupt nichts gelangt. Erst wenn so viel Wasser niedergefallen ist, als die Verdunstungszone auf Grund ihrer Kapazität bei nach unten freiem Abflusse zurückzuhalten vermag, tritt die Möglichkeit in Sicht, dafs bei dauernden Niederschlägen der Überschufs derselben in die Durchgangszone wird

übertreten können. Diesbezüglich ist die Erfahrung bekannt, dafs selbst mächtige Regengüsse (nach einer Periode längerer Trockenheit) den Boden nur in die Tiefe von einigen Zentimetern durchzunässen vermögen.

Dringt jedoch ein gewisser Überschufs aus der Ausdünstungszone in die Durchgangszone, so verdrängt derselbe das in ihr befindliche Wasser. Infolgedessen fliefst aus der Durchgangszone in das Grundwasser so viel Wasser ab, als in jene von oben aus der Ausdünstungszone gelangt ist.

Aus dem Angeführten geht weiterhin hervor, dafs das Ansteigen des Grundwasserstandes das Resultat einer solchen erhöhten Durchfeuchtung der oberen Bodenschichten ist, bei welcher die Bodenkapazität der oberen Schichten auf das Zurückhalten der daselbst eingedrungenen Wassermenge nicht ausreicht, so dafs ein gewisser Überschufs in die Durchgangszone übergehen und das hier befindliche Wasser in der Richtung zum kapillaren Grundwasserstande hindrängen mufs.

Unter solchen Verhältnissen erhalten wir also im Boden, trotz des Aufstiegs des Grundwassers, eine vertikal nach unten gerichtete Wasserbewegung.

Sind jedoch im Gegenteile die Wasserniederschläge nicht imstande, das aus der Verdunstungszone verdunstete Wasser zu ersetzen, so wird dasselbe (teilweise) von dem durch die Einwirkung der Kapillarität aus den unteren Zonen in die Verdunstungszone wandernden Wasser ersetzt.

Unter solchen Verhältnissen mufs, wie ja ganz klar ist, das Grundwasserniveau teils sinken, teils die Verdunstungszone stärker werden.

Mit Hinblick auf das bisher Angeführte mufs jedoch gewifs weiterhin klar sein, dafs, wenn durch die Wasserüberschüsse der Ausdünstungszone das gesamte Wasser der Durchgangszone verdrängt werden sollte, von oben gerade so viel Wasser hereinfliefsen müfste, als hier gehalten wird, d. h. eine Menge, die der absoluten Kapazität der Durchgangszone entsprechen würde.

Würde man z. B. also die jährliche Regenhöhe mit 600 mm annehmen, wobei also auf 1 qm 600 l Wasser niederfallen, und

würde weiterhin 1 cbm Boden 200—300 l enthalten, so würde, wenn nichts verdunstete und nichts von der Oberfläche abflöfse, das Wasser des ersten Regens im Laufe eines Jahres höchstens 2—3 m in die Tiefe dringen.

Wenn man sodann wegen des durch Verdunsten und Abfliefsen von der Oberfläche bedingten Wasserverlustes eine sehr kleine Zahl, also z. B. $^1/_3$ in Rechnung ziehen würde, so würde im gegebenen Falle das Regenwasser im Laufe eines Jahres in die Tiefe von 1,3—2 m eindringen.

Da jedoch weiterhin bei der angeführten Berechnung Bedingungen als Grundlage genommen werden, die nach den Beobachtungen von Hoffmann in der Natur selten günstiger sind, so kann man urteilen, dafs die vertikale Filtrationsgeschwindigkeit im Boden den Wert von 1,3—2,0 m pro Jahr in der Regel nicht erreichen wird.

Man kann sich freilich leicht vorstellen, dafs bei einer so unbedeutenden Geschwindigkeit der Wasserbewegung und bei dem Umstande, dafs dieselbe blofs an der Oberfläche der Bodenkörner vor sich geht (man braucht sich blofs vor die Augen zu führen, dafs z. B. in sandigen Bodenschichten das Porenvolumen der Durchgangszone zum grofsen Teil von Luft erfüllt ist), das Zurückhalten von korpuskulären Elementen aus den durchsickernden Flüssigkeiten aufserordentlich intensiv sein wird.

Zur leichteren Klarstellung der mächtigen Einwirkung des Bodens in dieser Beziehung mufs man sich insbesondere die bekannte Tatsache vergegenwärtigen, dafs selbst an stark bewohnten Orten, an welchen dem Eindringen unreiner Flüssigkeiten aus verschiedenen Sammelstellen der Abfallstoffe in den Boden ein weiter Weg offensteht, das Grundwasser der daselbst errichteten Brunnen klar, d. h. von suspendierten, mit freiem Auge sichtbaren Stoffen frei zu sein pflegen. Diese Klarheit ist ein Beweis, dafs die in die Tiefe einsickernden Flüssigkeiten, welche im Beginne des Einsickerns gewöhnlich etwas getrübt sind, sich auf dem Wege durch den Boden jener dem Auge sichtbaren korpuskulären, die Trübung bedingenden Elemente entledigen.

Die Geschwindigkeit der Grundwasserbewegung in horizontaler Richtung hängt von dem Gefälle und der Durchlässigkeit der wasserführenden Schichten ab. Nach den Erfahrungen hydrotechnischer Ingenieure sind Geschwindigkeiten von 3—5 m pro Tag als grofs zu bezeichnen.

In sandigen Diluvialablagerungen des längs der Iser und Elbe in Böhmen befindlichen Gebietes betrug die Geschwindigkeit des Grundwassers auf Grund der vom Baurate Thiem unternommenen hydrotechnischen Versuche 1,13—1,41—1,85 m pro Tag.

Mit Hinblick auf die Frage der Zurückhaltung von korpuskulären Elementen im Boden kommt in hygienischer Beziehung die gröfste Wichtigkeit den Mikroorganismen zu.

Durch die fundamentalen Versuche Fraenkels[1]) wurde festgestellt, dafs die Mikroben im Boden mit zunehmender Tiefe aufserordentlich stark abnehmen. Bereits in einer Tiefe von $1^1/_2$ m erwiesen sich die Bodenschichten bei den Versuchen des zitierten Autors regelmäfsig als steril. Desgleichen haben auch Bodenuntersuchungen an verschiedenen Stellen Berlins, also eines seit Jahrhunderten bewohnten Terrains, den erwähnten Autor zu analogen Resultaten geführt, indem sich mikrobenfreie Schichten in einer Tiefe von 4—5 m vorgefunden haben.

Rücksichtlich der Zurückhaltung resp. des Eindringens der Mikroben in tiefere Bodenschichten kann nicht unerwähnt bleiben, dafs aufser den mechanischen Einflüssen noch der Umstand in die Wagschale fällt, dafs die Mikroben lebende Organismen sind, welche für ihre Wucherung und ihr Fortkommen gewisse Bedingungen erheischen.

Wenn also die Mikroben, welche in den Flüssigkeiten, die in den Boden einsickern, enthalten sind, in die tieferen Schichten eindringen, so gelangen sie dadurch in veränderte biologische Bedingungen. Je nachdem die Mikroben solche sich ändernde Bedingungen vertragen, und wie sie sich den auf sie einwirkenden Einflüssen anzupassen vermögen, erhalten sie sich oder gehen zugrunde.

1) Zeitschrift für Hygiene, Bd. II und VI.

Behalten wir das Wesentliche der Filtriererscheinungen im Auge, so kommen wir zu dem Schlusse, dafs die Zurückhaltung der Mikroben im Boden in jedem Falle auf die Einwirkung zweier Grundkomponenten zurückgeführt werden kann: a) der vertikalen und b) der horizontalen Filtration.

Träte also z. B. der Fall ein, dafs in einem Punkte *a* (siehe Figur 1) pathogene Typhus- oder Choleramikroben, z. B. aus einem Düngerhaufen, Kanal u. ä., mit den Bodenschichten in Berührung gelangen, so wird das Auftreten oder Ausbleiben der betreffenden Mikroben im Grundwasser an einem Punkte *b* einesteils von dem vertikalen Filtrationseffekte der Bodenschichten, welche die Sohle des erwähnten Ortes von dem Niveau der Grundwässer scheidet, andernteils von dem Effekte der horizontalen Filtration, welche in der Bahn vom Punkte a_1 zum Punkte *b* zur Geltung kommt.

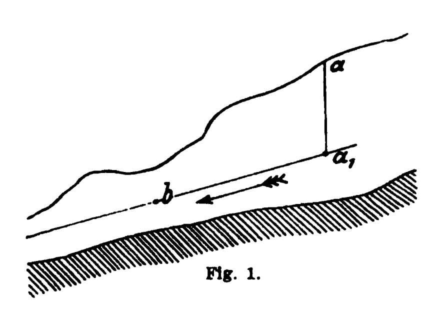


Fig. 1.

Mit Rücksicht auf das oben Mitgeteilte kann dafür gehalten werden, dafs der Filtrationseffekt, wenn die Summe der beiden erwähnten Komponenten nicht unter den Wert 7000 : 1 fällt, für genügend angesehen werden kann, um den Schutz vor den diesbezüglichen Infektionskrankheiten zu bewirken. Es ist aber des weiteren einleuchtend, dafs, je mehr der Filtrationseffekt der beiden erwähnten Komponenten den obengenannten Wert von 7000 : 1 übersteigen wird, desto mehr auch der Schutz gegen Trinkwasserinfektionen gesichert sein wird.

Handelt es sich um Entnahme des Grundwassers durch einen Röhrenbrunnen, so erweist sich die Zergliederung des Filtrationseffektes auf die Filtrationskomponenten gewissermafsen komplizierter.

Zur leichteren Orientierung siehe nebenstehende Figur 2 (S. 357).

In der mit 0 bezeichneten Stelle befindet sich ein Röhren- (oder Kessel-) Brunnen. Das unter dem Einflusse des Brunnens

stehende Gebiet ist durch einen stärkeren Strich begrenzt. Die feineren, mit Pfeilen versehenen Linien entsprechen der Verlaufsrichtung des Grundwassers.

Es ist nun klar, dafs — wähle man nun eine beliebige Stelle des begrenzten Gebietes, also z. B. *a*, *b*, *c*, *d* — der Filtrationseffekt einer jeden solchen Stelle mit Hinblick auf den Ort, an welchem sich der Brunnen befindet, in eine horizontale und eine vertikale Komponente zergliedert werden kann.

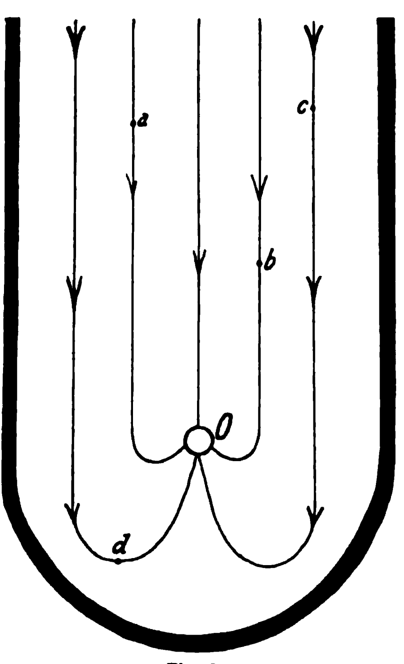


Fig. 2.

Wollte man auf analytischem Wege zu dem Filtrationseffekte des aus dem Röhrenbrunnen entnommenen Wassers gelangen, so müfste man den unter dem Einflusse des Brunnens stehenden Bezirk auf eine unendliche Anzahl von Punkten $b_1 \ldots . b_n$ zerlegen. Bezeichnet man den Filtrationseffekt vom Punkte b_1 bis zum Brunnen mit $v_1 + h_1$, wobei v_1 die vertikale, h_1 die horizontale Komponente ausdrückt, bezeichnet man weiterhin den Filtrationseffekt von dem Nachbarpunkte b_2 mit $v_2 + h_2$ usw. und setzt man für den Filtrationseffekt des aus dem Brunnen geschöpften Wassers E, so erhält man:

$$E = \frac{v_1 + v_2 + v_3 \ldots . + v_n}{n} + \frac{h_1 + h_2 + h_3 \ldots . + h_n}{n},$$

wobei $n = \infty$.

Würden also beispielsweise an einer Stelle des unter der Einwirkung des Röhrenbrunnens 0 stehenden Wassergebietes pathogene Mikroben mit den Bodenschichten in Berührung kommen (z. B. durch Einsickern aus Düngerhaufen od. dgl.), so

darf — wenn das Wasser mit Beziehung auf die Infektion tadellos sein soll —

$$E = \frac{v_1 + v_2 + v_3 \ldots . + v_n}{n} + \frac{h_1 + h_2 + h_3 \ldots . + h_n}{n} \; n = \infty$$

nicht unter den Wert 7000 : 1 sinken.

Mit Hinblick auf die eben vorgebrachte Formulierung erscheint es für die Entscheidung der Frage, ob die Möglichkeit einer Infektion des Grundwassers an einer bestimmten Stelle möglich sei, wünschenswert, entweder auf irgendeine geeignete Weise den Wert des (wirklichen) Filtrationseffektes direkt festzustellen oder wenigstens solche Kriterien zu gewinnen, welche den Schlufs gestatten würden, dafs der Filtrationseffekt zumindest den Wert von 7000 : 1 erreicht.

Die eben gegebenen Umrisse kennzeichnen meiner Ansicht nach das Ziel, welches bezüglich der Beurteilung der Grundwässer, sofern es sich um Benutzung derselben zu Trinkwasseranlagen handelt, zu erstreben wäre.

Es mufs nunmehr kurz berührt werden, in welcher Weise man bisher tatsächlich bei der Lösung dieser Fragen vorgegangen ist, und was man nach dieser Richtung hin erreicht hat.

Vor allem hat man die Entdeckung Fraenkels, dafs die Filtrationsfähigkeit des Bodens mit Rücksicht auf die Mikroben eine so vollkommmene ist, dafs man selbst in einem seit langem bewohnten Terrain doch in nicht bedeutender Tiefe auf sterile Bodenschichten stöfst — welche Entdeckung allgemein als unerschütterlich bewiesene Tatsache hingenommen wurde —, zur Lösung der diesbezüglichen Fragen verwertet.

Diese Befunde wurden für die Frage der Wasserbeurteilung in dem Sinne ausgebeutet — dies wurde von Hueppe präzisiert —, dafs man die Bürgschaft, dafs ein Quell- oder Grundwasser unter allen Umständen von pathogenen Mikroben frei bleibt, mit Sicherheit besitzen wird, wenn sich das einen Brunnen oder eine Quelle versorgende Grundwasser in den Grenzen der sterilen Bodenschichten halten, d. h. wenn es selbst steril sein wird.

Im Sinne der eben angeführten Konklusion wurde die Forderung aufgestellt und auch allgemein angenommen, dafs die wasserführenden Schichten jener Grundwässer, welche zu Trinkwasseranlagen verwendet werden sollen, steril seien.

Wenn auch das soeben hervorgehobene Prinzip seiner Natur nach logisch und einfach erscheint, so zeigte sich doch die praktische Anwendung desselben, d. h. die Beweisführung betreffend, die Sterilität des Grundwassers als eine nicht so einfache Aufgabe.

Man mufs nämlich im Auge behalten, dafs man bei Errichtung eines Brunnens das Wasser der wasserführenden Schichten eben dadurch in ein neues Verhältnis zu den Erscheinungen und Einflüssen der Oberfläche bringt, was den Übertritt der Mikroben von aufsen in das Wasser des betreffenden Brunnens und weiterhin — sofern sie daselbst geeignete Existenzbedingungen vorfinden — die weitere Wucherung und Vermehrung derselben als Folge nach sich zieht.

Die angeführten Umstände bilden die Ursache der Erscheinung, dafs auch in jenem Falle, in welchem — in einen Brunnen aus den wasserführenden Schichten das reinste Wasser gelangt — dasselbe doch durch gewisse, sich stetig vermehrende Keime beschickt werden wird.

Die Methoden, welche zum Beweise, dafs das Wasser an einem bestimmten Orte steril ist, verwendet werden können, sind die nachfolgenden:

a) Nach C. Fraenkel[1]): In das fragliche Terrain wird ein Röhrenbrunnen getrieben, bis die Spitze desselben in die wasserführenden Schichten dringt. Darauf wird der ganze Brunnen gehörig desinfiziert, am besten vermittelst Dampf. Zu diesem Zwecke werden die Lederbestandteile der Pumpe herausgehoben und in den Röhrenbrunnen aus einer herbeigeführten Lokomobile mit Hilfe eines bis zur Brunnensohle reichenden Rohres so lange Dampf eingeführt, bis alles auf den Siedepunkt erhitzt ist. Dazu braucht es gewöhnlich mehrere Stunden.

1) Zeitschrift für Hygiene, Bd. VI.

Die Lederbestandteile werden durch Einlegen für mehrere Stunden in 1 proz. Sublimatlösung desinfiziert.

Es ist gleichzeitig zu bemerken, dafs die Sterilisation auch durch chemische Mittel, z. B. durch Sublimat oder Karbolsäure erreicht werden kann.

Nach durchgeführter Sterilisation läfst man alles auskühlen, worauf man zur Wasserentnahme schreitet.

Dieselbe wird solange fortgesetzt bis die letzten Spuren des abgekochten oder des den zur Desinfektion gebrauchten Verbindung enthaltenden Wassers entfernt werden. Dann wird erst die Probe zur bakteriologischen Untersuchung nach den üblichen Regeln entnommen, durch welche festgestellt wird, ob das Wasser steril ist oder nicht.

b) Nach Neifser[1]): Der ganze Kesselbrunnen wird mit heifsem Wasser sterilisiert. Zu diesem Zwecke wird vor allem mittels eines Eisenrohres ein Dampfstrom auf die Brunnenwandungen, darauf in die Wassersäule selbst geleitet und der Dampf so lange zugeführt, bis das Wasser den Siedepunkt erreicht. Bevor die zur bakteriologischen Untersuchung bestimmte Probe genommen wird, mufs selbstverständlich das ganze der Sterilisation unterworfen gewesene Wasser mit Hilfe einer sterilisierten Pumpe entfernt werden, worauf erst die Probe entnommen werden kann. Durch die bakteriologische Untersuchung wird wiederum festgestellt, ob das Wasser steril ist oder nicht.

c) Nach Gärtner[2]): Das Niveau des Brunnens wird durch intensives Abschöpfen des Wassers ausgiebig herabgedrückt. Hierauf wird in die Brunnenwand und weiter in den umgebenden Boden eine Eisenröhre getrieben. Diese wird (z. B. mit Dampf) sterilisiert, worauf sie noch tiefer in die wasserführende Schicht eingetrieben wird. Es beginnt Wasser herauszufliefsen, das wiederum nach den sonst üblichen Regeln zur bakteriologischen Untersuchung entnommen wird.

---

1) Zeitschrift für Hygiene, Bd. XX.

2) Über Methoden, die Möglichkeit der Infektion eines Wassers zu beurteilen. Berlin 1895.

Zum Zwecke des Nachweises der Sterilität der Grundwässer ohne Sterilisation der Fassungs- und Entnahmeeinrichtungen wurde von Kabrhel die nachfolgende Präzisierung abgeleitet:

Bezeichnet man die Mikrobenzahl eines einem Brunnen entnommenen Wassers, in welchen Wasser aus wasserführenden Schichten gelangt, von welchen wir voraussetzen, dafs sie im Sinne der Befunde von Fraenkel steril sind, mit y, den Zuflufs des Wassers aus den wasserführenden Schichten mit x und die Vermehrungsfähigkeit der auf die im Brunnen waltenden Bedingungen akkommodierten Mikroben mit z, so ist:

$$y = f(x, z).$$

Der erwähnte Autor wies weiterhin auf Grund experimenteller Durchforschung von Fällen, in welchen mit Rücksicht auf die Befunde Fraenkels aus dem Charakter des Wassergebietes und den Bodenschichten auf die Sterilität der wasserführenden Schichten geschlossen werden konnte, nach, dafs bei anwachsendem x, d. h. bei anwachsender Wasserentnahme sich der Wert der Funchiory θ nähert, während bei sinkendem x, d. h. bei verminderter Wasserentnahme der Wert der oben angeführten Funktion ansteigt.

Wird somit die Wasserentnahme derartig eingerichtet, dafs sie den Bedingungen entspricht, unter welchen $f(x, z)$ sich θ nähert, so kann, wenn umgekehrt durch die bakteriologische Untersuchung eine der Sterilität nahekommende Mikrobenzahl festgestellt wird, geschlossen werden, dafs die Vollkommenheit des Filtrationseffektes der Bodenschichten verbürgt ist.

Im Jahre 1900[1]) hat Kabrhel den Beweis geliefert, dafs man an der Forderung der Sterilität der wasserführenden Schichten, obwohl sich dieselbe für die ersprieſsliche Entwickelung der diesbezüglichen Fragen als sehr nützlich erwiesen hat, im allgemeinen nicht festhalten kann.

Zu diesem Zwecke weist derselbe insbesondere auf solche Wassergebiete hin, bei welchen die kontinuierliche poröse, auf

1) Theorie und Praxis der Trinkwasserbeurteilung, S. 169—181.

wasserundurchlässiger Ton- oder Felsunterlage ruhende Filterschichte im grofsen und ganzen schwach ist, so dafs dieselbe an gewissen, besonders höher gelegenen Stellen kaum die Stärke von 1,5 m (event. auch nur 20—50 cm) erreicht, wo jedoch die Oberfläche des Wassergebietes von Feldern, Wiesen oder Wald bedeckt ist, welches Terrain, wiewohl es in hygienischer Beziehung als sehr rein zu bezeichnen, trotzdem in einzelnen Perioden (wenn auch verhältnismäfsig sehr selten) Verunreinigungen ausgesetzt ist.

Es ist klar, dafs unter derartigen Verhältnissen das die Quelle versorgende Wasser in einem grofsen Teile des Wassergebietes oder eventuell im ganzen Wassergebiete nicht sterilen, keimfreien Bodenschichten entstammen wird. Mit Hinblick darauf mufs die Möglichkeit zugelassen werden, dafs wenn auf jene Stellen des Wassergebietes, an welchen die zusammenhängende poröse Filterschicht bedeutend schwach ist, pathogene Mikroorganismen gelangen würden, ein Bruchteil derselben die poröse Bodenschicht passieren und in die wasserführende eindringen könnte.

Würde man sich nur durch die Forderung der Sterilität der wasserführenden Schichten bestimmen lassen, so müfste man derartige Wassergebiete, resp. die denselben entströmenden Quellen für Trinkwasserversorgungszwecke a priori zurückweisen.[1])

Man mufs aber im Auge behalten, dafs bei Vorgehen nach dem angeführten Prinzipe in vielen Landschaften die Versorgung mit Quell- oder Grundwasser überhaupt undurchführbar wäre, was eine Stagnation in der Errichtung von Wasserleitungen oder einen Druck zugunsten der durch zentrale Sandfiltration gereinigten Oberflächenwässer nach sich ziehen müfste, welches Hilfsmittel, obschon eine ausgezeichnete Erfindung, doch erst dann in Tätigkeit zu treten berechtigt ist, wenn das Anschaffen von Quell- oder Grundwässer unüberwindlichen Hindernissen begegnet.

---

1) Derartige Wassergebiete hat Kabrhel namentlich in Gegenden gesehen, welche der Urgebirgsformation angehören.

Bringt man des weiteren in Erwägung, dafs der Filtrationseffekt der mit Hilfe der Sandfiltration gereinigten Oberflächenwässer kein absoluter ist, sondern dafs ein Bruchteil der Mikroben durch die Sandfilter dringt, und dafs weiterhin die Erhaltung der Sandfilter bei dauernd vollkommener Leistungsfähigkeit in der Praxis mit nicht unerheblichen Schwierigkeiten zu kämpfen hat, so mufs man zu dem Schlufs gelangen, dafs man im Falle von Wassergebieten, welche den obengeschilderten Charakter tragen, an der Forderung der Sterilität der wasserführenden Schichten nicht verharren kann, sondern dafs man in bezug auf den Filtrationseffekt von Quellenwässern aus Wassergebieten, die in die eben diskutierte Kategorie gehören, dasselbe Mafs von Anforderungen stellen wird wie bei dem Filtrationseffekte bei der Sandfiltration.

Im Jahre 1903 hat Kabrhel[1]) bei Besprechung der Untersuchungsmethodik, betreffend Wassergebiete mit einem Durchflufsprofil von grofser Länge[2]) eine Methode beschrieben, bei welcher man zwecks Feststellung der Qualität des in Frage stehenden Grundwassers nicht das Wasser (das Filtrat), sondern das Bodenfilter selbst untersucht, um den Filtrationseffekt an beliebiger Stelle des Wassergebietes in Erfahrung zu bringen.

Zu diesem Zwecke werden Bodenproben von der Oberfläche bis in die Region der grundwasserführenden Schichten entnommen und der bakteriologischen Untersuchung unterworfen. Der vertikale Filtrationseffekt spiegelt sich dann in den Resultaten der bakteriologischen Untersuchung der von der Oberfläche bis zum Grundwasserniveau entnommenen Bodenproben, der horizontale Filtrationseffekt dagegen in den Resultaten der Untersuchung der Proben aus dem Bereiche des Grundwassers.

1) Archiv für Hygiene, Bd. XLVII, S. 195.

2) Bei Wassergebieten mit einem Durchflufsprofil von grofser Länge, bei welchen die Durchführung eines Pumpversuches in grofsem Stile auf grofse Hindernisse stöfst, eignet sich zur Bestimmung der Ergiebigkeit am besten die Methode von Thiem; bei Pumpversuchen, welche bei dieser Methode ausgeführt werden, ist es jedoch schwer, sich mafsgebende Wasserproben zu verschaffen, weil die Bohrlöcher im Gebiete der wasserführenden Schichten durch Beimengung von Mikroben verunreinigt werden und die Dauer des Pumpversuches zu kurz ist.

Unter Zuhilfenahme der zitierten Methode habe ich eine grofse Reihe von Versuchen angestellt, welche, wie später gezeigt werden soll, für das Studium der Frage des Filtrationseffektes und für das Verständnis der dabei mitwirkenden Vorgänge von ungemeiner Bedeutung sind. Da jedoch die Befunde und Schlüsse, die uns im nachfolgenden Teile beschäftigen werden, in wesentlichen Teilen von den Anschauungen abweichen, welche bezüglich der Zurückhaltung und Verbreitung der Mikroben im Boden nunmehr Geltung haben, so halte ich es für wichtig, eine kurze Beschreibung der erwähnten Methode zu geben, um dem Leser eine Handhabe zu bieten, die Eignung derselben zur Lösung der den Inhalt des nachfolgenden Teiles der vorliegenden Studie bildenden Fragen und Probleme, ohne Nachlesen des Originales kritisch würdigen zu können.

Die in Rede stehende Methode ist die nachfolgende:

Auf einer dazu ausersehenen Stelle des Wassergebietes wird eine Grube von 1,7 $\times$ 1,3 qm Flächendimension hergerichtet. Das abgegebene Erdreich wird sofort zur Seite hinausbefördert. Mit der Vertiefung wird soweit vorgegangen, bis die Grubensohle von dem Niveau des Grundwassers durch eine dünne, etwa 10 cm dicke Bodenschicht getrennt wird. Wenn man sich der notwendigen Tiefe bereits genähert hat, so wird die Austiefung nur an einem Ende der Grube vorgenommen, und zwar blofs mit einer Schaufel, mit welcher das Erdreich in dünnen Schichten abgehoben und sofort zur Oberfläche befördert wird, so dafs eine eventuelle Verunreinigung durch Vermittelung der oberen Schichten oder des Arbeiters ausgeschlossen ist. Hat die Grube die erwähnte Tiefe erreicht, so schreitet man zur Entnahme der Proben aus dem Bereiche des Grundwassers.

Dazu ist ein Fraenkelscher Erdbohrer notwendig, dessen zur Entnahme des Bodens dienender Teil mit Benzol[1]) steriliesiert und in einem gleichfalls sterilen Umschlag aus Leinwand und Billrotbattist gehüllt wurde.

1) Nähere Details der Sterilisation sind im Archiv für Hygiene, Bd. XLVII, S. 195 nachzulesen.

Des Weiteren benötigt es sterilisierter Eisenstifte von 15 bis 20 cm Länge, 3—4 mm Durchmesser, deren eines Ende zugespitzt, das andere aber flach gehämmert ist, weiterhin sterilisierter Watte.

In der Grube wird an der Stelle, an welcher der Bohrer eingesetzt werden soll, die oberflächliche Bodenschichte 3 mal hintereinander, jedesmal mit einem anderen sterilen Eisenstifte entfernt. In das solchermafsen hergestellte Grübchen wird der Bohrer eingesetzt und seine Spitze etwa 80—90 cm unter das Niveau des Grundwassers eingetrieben. Durch geeignete Bewegungen wird der Bohrer geöffnet, gefüllt, geschlossen und herausgezogen, worauf unter Berücksichtigung der bei bakteriologischen Arbeiten üblichen Kautelen mit dem flachen Ende eines sterilen Eisenstiftes der Boden entnommen und in sterile Eprouvetten gebracht wird.

Sodann schreitet man zur Entnahme der Bodenproben oberhalb des Grundwassers. Dieselben werden in der Reihenfolge von unten nach oben einer der senkrechten Grubenwände genommen und zwar in der Weise, dafs man an der betreffenden Stelle die oberflächliche Bodenschicht dreimal hintereinander, jedesmal mit einem anderen sterilen Eisenstifte entfernt und erst dann aus dem solcherweise hergerichteten Grübchen die Bodenprobe in eine sterile Eprouvette entnimmt.

Die mit Hilfe der beschriebenen Methode erhaltenen Bodenproben müssen selbstverständlich, ähnlich wie bei der bakteriologischen Wasseruntersuchung, in kurzer Zeit nach der Entnahme verarbeitet werden.

Experimentelle Untersuchungen.

Versuche in waldigem Terrain, welches in geologischer Beziehung der Diluvialformation angehört.

Versuch Nr. 1.

Datum	Tiefe der Entnahme der Bodenprobe: außerhalb des Grundwassers	Tiefe der Entnahme der Bodenprobe: im Bereiche des Grundwassers	Keimzahl in 1 ccm	Keimzahl in 0,1 ccm	Vorwiegend vorhandene Arten
19. Febr. 1902.	0,3 m unter der Oberfläche		827 520	82 752	B. radicosus, B. punctatus, B. aquatilis, B. terrestris albus.
	1,0 m		5 040	504	B. radicosus, B. fluorescens liquefaciens, B. punctatus.
	1,5 m		1 120	112	B. radicosus, B. punctatus, B. terrestris albus, B. fluoresceus liquefaciens.
	a) 1,7 m b) 1,7 m von einer anderen Stelle.		3 400 15 120	340 1 512	B. radicosus, B. punctatus, B. terrestris albus.
	2,2 m		200	20	B. radicosus, B. terrestris albus.
		3,1 m	a) 260 b) 400	26 40	B. radicosus, B. terrestris albus.

Versuch Nr. 2.

Datum	außerhalb des Grundwassers	im Bereiche des Grundwassers	Keimzahl in 1 ccm	Keimzahl in 0,1 ccm	Vorwiegend vorhandene Arten
14. Juni 1902	Oberfläche		2 379 520	237 952	Schimmelpilze, B. radicosus, B. centralis, B. terrestris albus.
	1,3 m		440	44	B. azureus.
	1,3 m		8 120	812	Schimmelpilze, B. bruneus, B. terrestris albus.
	1,5 m		640	64	B. azureus, B. terrestris albus.
	1,9 m		680	68	B. fluorescens liquef., B. punctatus, B. terrestris albus, B. azureus.
		3,2 m	2 220 4 740	222 474	B. terrestris albus, B. punctatus, B. azureus, B. sulcatus.

Versuch Nr. 3.

Datum	Tiefe der Entnahme der Bodenprobe: außerhalb des Grundwassers	im Bereiche des Grundwassers	Keimzahl in 1 ccm	Keimzahl in 0,1 ccm	Vorwiegend vorhandene Arten
7. Juni 1905	Oberfläche		693 840	69 384	B. radicosus, B. centralis, Schimmelpilze.
	0,5 m		31 360	3 136	Schimmelpilze, B. radicosus, B. mycoides, B. terrestris albus.
	1,43 m		380	38	Schimmelpilze, B. punctatus, B. terrestris albus.
	1,43 m		33 040	3 304	B. punctatus, B. radicosus, B. centralis.
	1,53 m		960	96	B. punctatus, B. radicosus, B. terrestris albus.
		2,55 m	7 620	762	B. bruneus, B. terrestris albus, B. azureus.

Versuch Nr. 4.

Datum	Tiefe der Entnahme der Bodenprobe: außerhalb des Grundwassers	im Bereiche des Grundwassers	Keimzahl in 1 ccm	Keimzahl in 0,1 ccm	Vorwiegend vorhandene Arten
18. Mai 1905	Oberfläche		690 640	69 064	Schimmelpilze, B. terrestr. albus, B. radicosus.
	0,5 m		56 280	5 628	B. radicosus, B. terrestris albus, B. centralis, B. punctat., Schimmelpilze.
	1,1 m		6 360	636	B. radicosus, Schimmelpilze, B. terrestris albus.
		2,2 m	540 600	54 60	B. terrestris albus, B. radicosus.

Versuch Nr. 5.

Datum	Tiefe der Entnahme der Bodenprobe: außerhalb des Grundwassers	im Bereiche des Grundwassers	Keimzahl in 1 ccm	Keimzahl in 0,1 ccm	Vorwiegend vorhandene Arten
11. Mai 1905	Oberfläche		489 200	48 920	B. radicosus, B. punctatus, Schimmelpilze, B. mycoides, B. terrestris albus.
	0,5 m		3 920 4 000	392 400	B. radicosus, Schimmelpilze.
	1,5 m		240	24	B. terrestris albus, B. radicosus.
	2,1 m		20 720	2 072	Schimmelpilze, B. terrestris albus, B. radicosus.
	2,1 m (an einer anderen Stelle)		2 320	232	B. terrestris albus, B. radicosus.
		2,65 m	300 60	30 6	B. terrestris albus, B. centralis, B. punctatus.

Versuch Nr. 6.

Datum	Tiefe der Entnahme der Bodenprobe		Keimzahl in 1 ccm	Keimzahl in 0,1 ccm	Vorwiegend vorhandene Arten
	außerhalb des Grundwassers	im Bereiche des Grundwassers			
11. Juni 1905	Oberfläche		651 720	65 172	Hauptsächlich B. radicosus.
	0,3 m		243 040	24 304	Schimmelpilze, B. radicosus, B. centralis, B. terrestris albus, B. bruneus.
	1,2 m		10 360	1 036	Schimmelpilze, B. terrestris albus, B. radicosus.
	1,4 m		380	38	B. azureus, B. bruneus.
	1,8 m		1 180	118	B. azureus, B. punctatus, B. bruneus.
	3,5 m		281 680	28 168	Schimmelpilz fast in Reinkultur, B. bruneus.
	3,5 m		2 100	210	B. bruneus, B. azureus, Schimmelpilze.
	4,0 m		30 520	3 052	Hauptsächlich B. bruneus.
	4,0 m		9 220	922	Hauptsächlich B. bruneus.
	4,1 m		720	72	B. punctatus, B. bruneus.
	5,1 m		3 200	320	Schimmelpilze, B. azureus.

Versuche in zu landwirtschaftlichen Kulturen benutztem Terrain. Dasselbe gehört in geologischer Beziehung der Diluvialformation an.

Versuch Nr. 7.

Ein zur Frühlingssaat hergerichtetes Feld.

Datum	außerhalb des Grundwassers	im Bereiche des Grundwassers	Keimzahl in 1 ccm	Keimzahl in 0,1 ccm	Vorwiegend vorhandene Arten
8. April 1902	Oberfläche		564 480	56 448	Schimmelpilze, B. radicosus, B. punctatus.
	0,5 m		8 200	820	B. radicosus, B. terrestris albus.
	1,0 m		a) 300 b) 140	30 14	B. punctatus, B. radicosus,
	2,0 m		a) 40 b) 80	4 8	B. terrestris albus.
	3,0 m		100	10	B. terrestris albus.
		4,3 m	a) 100 b) 80	10 8	B. terrestris albus.

Versuch Nr. 8.

Kartoffelfeld.

Datum	Tiefe der Entnahme der Bodenprobe		Keimzahl in 1 ccm	Keimzahl in 0,1 ccm	Vorwiegend vorhandene Arten
	außerhalb des Grundwassers	im Bereiche des Grundwassers			
9. Mai 1902	Oberfläche		1 215 200	121 520	Schimmelpilze, B. radicosus, B. fluorescens liquef., B. terrestris albus.
	0,5 m		68 240	6 824	Schimmelpilze, B. radicosus, B. bruneus, B. terrestris albus.
	1,4 m		180	18	B. terrestris albus.
		2,46 m	a) 60 b) 40	6 4	B. terrestris albus.

Versuch Nr. 9.

Kleefeld.

9. Mai 1902	Oberfläche		1 328 000	132 800	Schimmelpilze, B. radicosus, B. punctatus, B. terrestris albus, B. bruneus.
	0,5 m		33 600	3 360	Schimmelpilze, B. bruneus.
	1,5 m		140	14	B. terrestris albus, B. sulcatus.
		2,57 m	a) 740 b) 1 060	74 106	B. terrestris albus.

Versuch Nr. 10.

Getreidefeld.

14. Sept. 1902	Oberfläche		760 000	76 000	Schimmelpilze, B. radicosus.
	0,5 m		22 120	2 212	B. radicosus.
	1,0 m		a) 80 b) 120	8 12	B. radicosus.
	1,65 m		a) 120 b) 140	12 14	B. terrestris albus.
		2,20 m	200	20	B terrestris albus.

Versuch Nr. 11.

Kornfeld.

Datum	Tiefe der Entnahme der Bodenprobe: außerhalb des Grundwassers	Tiefe der Entnahme der Bodenprobe: im Bereiche des Grundwassers	Keimzahl in 1 ccm	Keimzahl in 0,1 ccm	Vorwiegend vorhandene Arten
14. Mai 1902	Oberfläche		9 643 200	964 320	B. radicosus, B. terrestris albus, B. centralis, Schimmelpilze.
	0,5 m		86 360	8 636	B. radicosus, B. terrestris albus.
	1,5 m		560	56	B. radicosus.
			Die Platten waren etwas stärker verflüssigt, so daß die Zählung nicht genau war.		
	2,3 m		760	76	
		3,33 m	a) 200 b) 780	20 78	B. punctatus, B. terrestris albus.

Versuch Nr. 12.

Kartoffelfeld.

Datum	außerhalb des Grundwassers	im Bereiche des Grundwassers	Keimzahl in 1 ccm	Keimzahl in 0,1 ccm	Vorwiegend vorhandene Arten
31. Mai 1902	Oberfläche		3 277 120	327 712	B. centralis, B. radicosus, B. terrestris albus, B. punctatus.
	0,5 m		172 280	17 228	B. centralis, B. radicosus, B. terrestris albus.
	1,3 m		240	24	B. radicosus, B. subflavus, B. terrestris albus.
		2,3 m	340	34	B. terrestris albus.

Versuch Nr. 13.

Geackertes Feld.

Datum	außerhalb des Grundwassers	im Bereiche des Grundwassers	Keimzahl in 1 ccm	Keimzahl in 0,1 ccm	Vorwiegend vorhandene Arten
31. Mai 1902	Oberfläche		2 500 960	250 096	B. punctatus, B. centralis, B. radicosus.
	0,5 m		29 560	2 956	B. radicosus, B. terrestris albus.
	0,8 m		1 180	118	B. radicosus, B. terrestris albus.
		1,60 m	380	38	B. radicosus, B. aquatilis.

Versuch Nr. 14.

Haferfeld.

Datum	Tiefe der Entnahme der Bodenprobe		Keimzahl in 1 ccm	Keimzahl in 0,1 ccm	Vorwiegend vorhandene Arten
	außerhalb des Grundwassers	im Bereiche des Grundwassers			
7. Juni 1902	Oberfläche		3 104 640	310 464	B. radicosus, B. terrestris albus.
	0,5 m		85 960	8 569	B. radicosus, B. centralis, B. terrestris albus.
	1,75 m		4 720	472	B. terrestris albus, B. bruneus.
		2,7 m	a) 666 b) 1 340	66 134	Schimmelpilze, B. terrestr. albus, B. bruneus.

Versuch Nr. 15.

Kartoffelfeld.

Datum	außerhalb des Grundwassers	im Bereiche des Grundwassers	Keimzahl in 1 ccm	Keimzahl in 0,1 ccm	Vorwiegend vorhandene Arten
28. April 1902	Oberfläche	Die Bodenprobe fiel der Vernichtung anheim.			
	0,5 m		31 840	3 184	B. mycoides, Schimmelpilze, B. radicosus, B. terrestris albus.
	1,0 m		a) 160 b) 120	16 12	B. terrestris albus, Schimmelpilze.
		2,4 m	a) 320 b) 340	32 34	B. mycoides, B. terrestris albus, Schimmelpilze.

Versuch Nr. 16.

Brach liegende, mit Gras bewachsene Bodenfläche

Datum	außerhalb des Grundwassers	im Bereiche des Grundwassers	Keimzahl in 1 ccm	Keimzahl in 0,1 ccm	Vorwiegend vorhandene Arten
27. Juni 1902	Oberfläche		3 292 800	329 280	B. radicosus, B. fluorescens liquefaciens, B. terrestris albus, B. centralis, B. sulcatus.
	0,5 m		307 720	30 772	B. radicosus, B. sulcatus, B. centralis, B. terrestris albus.
	1,5 m		21 360	2 136	B. radicosus, B. sulcatus, B. terrestris albus.
	2,5 m		920	92	B. radicosus, B. punctatus, B. centralis, B. terrestris albus.
	3,5 m		a) 1 240 b) 1 360	124 136	Schimmelpilz, B. terrestris albus.
		3,77 m	640	64	B. punctatus, B. terrestris albus, B. bruneus.

Versuch Nr. 17.

Brach liegende, mit Gras bewachsene Bodenfläche.

Datum	Tiefe der Entnahme der Bodenprobe		Keimzahl in 1 ccm	Keimzahl in 0,1 ccm	Vorwiegend vorhandene Arten
	außerhalb des Grundwassers	im Bereiche des Grundwassers			
2. Juni 1902	Oberfläche		5 288 000	528 800	B. punctatus, B. radicosus, B. fluorescens liquefac., Schimmelpilze, B. terrestris albus.
	0,5 m		296 800	29 680	B. punctatus, B. radicosus, B. bruneus, B. terrestris albus.
	1,5 m		3 020	302	B. radicosus, B. bruneus, B. terrestris albus.
	2,5 m		a) 600 b) 900	60 90	B. radicosus, B. punctatus, B. terrestris albus.
	2,8 m		a) 640 b) 700	64 70	B. punctatus, B. radicosus, B. terrestris albus.
		3,65 m	a) 180 b) 600	18 60	Schimmelpilze, B. terrestris albus.

Versuche in alluvialem, zur landwirtschaftlichen Kultur benutztem Terrain.

Versuch Nr. 18. Wiese.

Datum	außerhalb des Grundwassers	im Bereiche des Grundwassers	Keimzahl in 1 ccm	Keimzahl in 0,1 ccm	Vorwiegend vorhandene Arten
8. März 1902	Oberfläche		846 720	84 672	B. radicosus, B. punctatus, B. fluorescens, liquefaciens.
	0,5 m		133 280	13 328	B. radicosus, B. punctatus, B. fluorescens liquefaciens.
	0,98 m		22 720	2 272	B. radicosus, B. punctatus.
		2,5 m	200	20	B. terrestris albus, B. radicosus.

Versuch Nr. 19. Kartoffelfeld (vorher Kleefeld) zur Regenzeit.

Datum	außerhalb des Grundwassers	im Bereiche des Grundwassers	Keimzahl in 1 ccm	Keimzahl in 0,1 ccm	Vorwiegend vorhandene Arten
2. Juni 1902	Oberfläche		4 338 040	433 804	B. punctatus, B. radicosus, B. terrestris albus.
	0,5 m		815 080	81 508	B. radicosus, B. punctatus, B. aquatilis.
	0,95 m		138 320	13 832	Schimmelpilze, B. radicosus, B. terrestris albus, B sulcatus.
		1,77 m	a) 6 920 b) 9 640	692 964	B. punctatus, B. radicosus, B. terrestris albus, B. centralis.

Versuch Nr. 20.

Wiese.

Datum	Tiefe der Entnahme der Bodenprobe		Keimzahl in 1 ccm	Keimzahl in 0,1 ccm	Vorwiegend vorhandene Arten
	außerhalb des Grundwassers	im Bereiche des Grundwassers			
Juni	Oberfläche		2 301 040	230 104	B. radicosus, B. subflavus, Schimmelpilz, B. terrestris albus.
	0,5 m		252 560	25 256	B. radicosus, B. subflavus, B. punctatus, B. terrestris albus.
	1,5 m		1 500	150	B. punctatus, B. radicosus, B. sulcatus.
	2,0 m		1 580	158	B. radicosus, B. centralis, B. punctatus.
		3,1 m	a) 2 120 b) 3 260	212 326	B. terrestris albus, B. nubilus, B. centralis, B. subflavus.

Versuch Nr. 21.

Feld.

Datum	außerhalb des Grundwassers	im Bereiche des Grundwassers	Keimzahl in 1 ccm	Keimzahl in 0,1 ccm	Vorwiegend vorhandene Arten
9. März 1903	Oberfläche		1 293 620	129 362	Schimmelpilze, B. fluorescens liquefaciens, B centralis, B. punctatus, B. fluorescens non liquefaciens, B. sulcatus, B. terrestris albus.
	0,5 m		26 520	2 652	B. centralis, Schimmelpilze, B. terrestris albus, B. fluorescens liquefaciens.
	1,5 m		1 300	130	B. punctatus, B. mycoides, Schimmelpilze.
	2,5 m		a) 140 b) 180	14 18	B. terrestris albus, B. punctatus.
		3,77 m	a) 200 b) 280	20 28	Schimmelpilze, B. terrestris albus, B. plicatus

Versuch Nr. 22. Feld.

Datum	Tiefe der Entnahme der Bodenprobe		Keimzahl in 1 ccm	Keimzahl in 0,1 ccm	Vorwiegend vorhandene Arten
	außerhalb des Grundwassers	im Bereiche des Grundwassers			
5. März 1902	Oberfläche		2 885 120	288 512	Schimmelpilze, B. radicosus, B. punctatus, B. centralis, B. fluorescens liquefaciens, B. sulcatus, B. terrestris albus.
	0,5 m		189 280	18 928	Schimmelpilze, B. centralis, B. sulcatus, B. terrestris albus.
	1,0 m		14 840	1 484	Schimmelpilze, B. terrestris albus, B. bruneus.
	1,5 m		2 280	228	B. punctatus, B. terrestris albus.
	2,0 m		320	32	B. radicosus, Schimmelpilze, B. terrestris albus.
	3,0 m		a) 140 b) 180	14 18	Schimmelpilze, B. terrestris albus.
		4,5 m	a) 420 b) 600	42 60	B. punctatus, B. terrestris albus, B. plicatus.

Versuch Nr. 23. Brach liegende Fläche (Weideplatz).

Datum	außerhalb des Grundwassers	im Bereiche des Grundwassers	Keimzahl in 1 ccm	Keimzahl in 0,1 ccm	Vorwiegend vorhandene Arten
22. Nov. 1902	Oberfläche		1 936 480	193 648	B. radicosus, B. terrestris albus, B. fluorescens liquefaciens, B. punctatus, B. centralis.
	0,5 m		3 980	398	B. radicosus, B. terrestris albus, B. punctatus, B. centralis, Schimmelpilze.
	1,0 m		3 280	328	B. radicosus, B. terrestris albus, B. sulcatus, B. centralis, Schimmelpilze.
	1,27 m		a) 6 960 b) 8 240	696 824	B. radicosus, B. punctatus, Schimmelpilze, B. terrestris albus.
	1,55 m		39 280	3 928	B. terrestris albus, B. punctatus, B. centralis, B. fluorescens liquefaciens.
		2,75 m	a) 9 040 b) 4 240	904 424	B. radicosus, B. punctatus. B. fluorescens liquefaciens, B. terrestris albus

Versuch Nr. 24.

Wiese.

Datum	Tiefe der Entnahme der Bodenprobe		Keimzahl in 1 ccm	Keimzahl in 0,1 ccm	Vorwiegend vorhandene Arten
	außerhalb des Grundwassers	im Bereiche des Grundwassers			
7. März 1903	Oberfläche		595 840	59 584	Schimmelpilze, B. punctatus, B. centralis.
	0,5 m		103 880	10 388	B. radicosus, B. mycoides, B. terrestris albus, Schimmelpilze.
	1,0 m		500	50	B. punctatus, B. terrestris albus.
	1,5 m		840	84	B. punctatus, B. terrestris albus.
		2,85 m	a) 480 b) 220	48 22	Unbekannte Arten.

Herantretend an die Diskussion der im vorhergehenden angeführten Versuche, werden wir vor allem die Resultate der in bewaldetem Terrain ausgeführten Versuche besprechen. Die in demselben erzielten Ergebnisse sind für die erfolgreiche Lösung der einschlägigen Fragen, sowie auch für das Verständnis der in anderen komplizierteren Verhältnissen sich geltend machenden Erscheinungen von prinzipieller Wichtigkeit. Zur richtigen Beurteilung der Resultate muſs noch das Folgende hervorgehoben werden:

Die Wälder, in welchen die oben angeführten Versuche angestellt worden sind, bilden weitreichende, zusammenhängende Komplexe und bestehen in dem betreffenden Gelände seit undenklichen Zeiten. Die Landschaft, in welcher die erwähnten Wälder liegen, ist überhaupt sehr karg bewohnt.

Die Entfernung von der Versuchsstelle

Nr. 1 von der nächsten Ortschaft beträgt etwa 3 km,
» 2 » » » » » » 1 »
» 3 » » » » » » 2 »
» 4 » » » » » » 2 »
» 5 » » » » » » 2 »
» 6 » » » » » » 4 »
» 7 » » » » » » 1,5 »

Mit Bezug auf die Verunreinigung durch mit der Tätigkeit und Gegenwart des Menschen zusammenhängende Abfallstoffe kann die zu den Versuchen gewählte Waldfläche als ideal rein bezeichnet werden.

Hinsichtlich der geologischen Eigenschaften der Bodenschichten ist hervorzuheben, dafs es sich bei den in Frage stehenden Versuchen insgesamt um sandige Ablagerungen diluvialen Ursprungs handelte, denen stellenweise eine geringe Menge lehmiger Bestandteile[1]) beigemischt war.

So konnte man z. B. in dem Versuche Nr. 6, einem der wichtigsten, in dem ganzen abgedeckten Profile mit Ausnahme der oberflächlichen Humusschichte, reinen, sozusagen gewaschenen Sand bemerken, der bei der Herstellung der Grube von den Seitenwänden von Zeit zu Zeit herabstürzte.

Die den Versuchen im Waldterrain entsprechenden wasserführenden Schichten trugen rein sandigen Charakter (die Gelatine der aus denselben gegossenen Platten wies keine Trübung auf).

Nach diesen einleitenden Bemerkungen schreiten wir nunmehr zur diesbezüglichen Diskussion über.

Durchmustern wir die oberhalb des Grundwassers befindlichen Bodenschichten, so bemerken wir vor allem jene bekannte Erscheinung, dafs die an der Oberfläche liegenden Schichten eine gröfsere Mikrobenzahl aufweisen als die tieferen. Besonders sinkt die Mikrobenzahl von der Oberfläche bis zu einer Tiefe von 1,3—1,5 m, so dafs sie unbedeutende Werte vorstellt. Wenn man jedoch das Verhalten der Mikroben in den weiteren Tiefen in Betracht zieht, so beobachtet man, dafs die Gesetzmäfsigkeit, die in den oberen Schichten ziemlich klar zutage tritt, in den tieferen nicht mehr aufzutreten braucht, sondern dafs die Mikrobenmenge, welche auf einen ziemlich geringen Wert gesunken ist, sich mit dem Vordringen in gröfsere Tiefen nicht nur nicht verkleinern, sondern im Gegenteil wieder zu Werten hoch-

1) Es mufs hervorgehoben werden, dafs die gegossenen Gelatineplatten ein sehr empfindliches Reagens zur Feststellung beigemengter lehmiger Bestandteile vorstellen, da die Gelatine durch die letzteren getrübt wird.

schwingen kann, wie sie nahe der Oberfläche konstatiert worden sind.

So sehen wir z. B. in dem Versuche Nr. 1, in welchem in einer Tiefe von 1,5 m die Mikrobenzahl in 0,1 ccm auf 112 gesunken ist, dieselbe in 1,7 m Tiefe die Zahl 1512 erreichen, welche in 2,2 m Tiefe wieder auf 20 in 0,1 ccm herabsinkt.

Ähnlich steigt im Versuche Nr. 3 in einer Tiefe von 1,43 m die Mikrobenzahl auf 3304 in 0,1 ccm (welche Menge gröfser ist als diejenige in der Tiefe von 0,5 m), worauf in 1,53 m Tiefe dieselbe wieder sehr vermindert wird.

Im Versuche Nr. 6, in welchem die Mikrobenzahl in der Tiefe von 1,4 m auf 38 in 0,1 ccm gesunken ist, finden wir bei 3,5 m Tiefe in 0,1 ccm 28168 und bei 4,0 m Tiefe 3052 Keime.

Interessant ist weiterhin, dafs die Mikrobenzahl in den aus derselben Tiefe, aber verschiedenen Stellen des ausgetieften Schachtes entnommenen Proben sehr variieren kann. So fanden sich z. B. in dem Versuche Nr. 1 in derselben Tiefe von 1,7 m auf einer Stelle 340, auf einer anderen desselben Schachtes 1512 Keime in 0,1 ccm.

Desgleichen wurden im Versuche Nr. 3 in einer Tiefe von 1,43 m auf einer Stelle des Schachtes 380, auf einer anderen 3304 Keime in 0,1 ccm vorgefunden; im Versuche Nr. 5 ergaben sich in einer Tiefe von 2,1 m an einer Stelle 232, an einer anderen 2072; im Versuche Nr. 6 in einer Tiefe von 3,5 m an einer Stelle 210, an einer anderen 28168 und in einer Tiefe von 4,0 m an einer Stelle 922, an einer zweiten 3052, dagegen in einer Tiefe von 4,1 m blofs 72 Keime in 0,1 ccm.

Bezüglich der in den tieferen Bodenschichten enthaltenen Mikrobenmenge geht aus den oben angeführten Versuchen mit Klarheit hervor, dafs auch die tieferen Bodenschichten, und zwar selbst in einem Terrain von nur ausnahmsweise erreichbarer Reinheit, reichliche Mengen von Mikroben enthalten.

Die niedrigste Mikrobenzahl wurde in dem Versuche Nr. 1 konstatiert, in welchem in der aus der Tiefe von 2,2 m entnommenen Bodenprobe 200 Keime in 1 ccm festgestellt werden konnten. In den übrigen Versuchen war die Minimalzahl der

Mikroben in 1 ccm (der oberhalb des Grundwassers befindlichen Bodenschichten) sämtlich höher, indem sie im Versuche Nr. 2 in der Tiefe von 1,3 m 440, im Versuche Nr. 3 in der Tiefe von 1,53 m 960, im Versuche Nr. 5 in der Tiefe von 1,5 m 240, im Versuche Nr. 6 in der Tiefe von 1,4 m 380 Keime betrug. Berücksichtigen wir nunmehr die bei den einzelnen Versuchen gewonnene, der gröfsten erreichten Tiefe oberhalb des Grundwassers entsprechende Mikrobenzahl, so sehen wir, dafs dieselbe in dem Versuche Nr. 1 in einer Tiefe von 2,2 m 200, in dem Versuche Nr. 2 in einer Tiefe von 1,9 m 680, in dem Versuche Nr. 3 in einer Tiefe von 1,53 m 960, im Versuche Nr. 5 in einer Tiefe von 2,1 m an einer Stelle 232, an einer zweiten 2072 und in dem Versuche Nr. 5 in einer Tiefe von 5,1 m 3200 Mikroben in 1 ccm betragen hat.

Aus dem Angeführten geht weiterhin hervor, dafs in den Bodenschichten eines Terrains, dessen ideale Reinheit ohne Zweifel dasteht, oberhalb des Grundwassers in Tiefen, welche gangbaren Ansichten gemäfs als keimfrei gelten müssen, insgesamt eine ziemlich reichliche bakterielle Vegetation nachgewiesen werden konnte.

Im Sinne der absoluten Sicherheit der Tatsachen, welche den oben abgeleiteten Schlufsfolgerungen zugrunde liegen, sei noch darauf hingewiesen, dafs die Bodenproben, wie aus der Beschreibung der Methode hervorgeht, den Seitenwänden des Schachtes entnommen wurden sofort, nachdem die Bodenprobe aus dem Bereiche des Grundwassers genommen worden war (zur Austiefung des Schachtes wurden durchschnittlich $^3/_4$—1 Stunde benötigt); sodann wurde an der Stelle der Probeentnahme mit Hilfe dreier sterilisierter Eisenstifte dreimal hintereinander die oberflächliche Bodenschicht abgehoben, worauf erst die Entnahme der Probe in eine sterilisierte Eprouvette folgte, deren Hals vor der Entnahme noch gehörig ausgeglüht wurde.

Zwischen der Probeentnahme und der Anlage von Kulturen liefs ich nie eine längere Zeit verfliefsen als 1 Stunde.

Im Beginne der Versuche wurden gleichzeitig Kontrollplatten gegossen. Nachdem jedoch festgestellt worden ist, dafs

diese letzteren bei der eingehaltenen Arbeitsmethode und der Art des Transportes in das hygienische Institut steril bleiben, so wurde die Kontrolle später aufser acht gelassen.

Nunmehr müssen die Resultate besprochen werden, welche von den aus den wasserführenden Schichten stammenden Bodenproben erzielt worden sind.

In dieser Hinsicht mufs vor allem hervorgehoben werden, dafs sich die Zahl der Mikroben der wasserführenden Schichten im Vergleiche zu den oberhalb des Grundwassers befindlichen Bodenschichten in verhältnismäfsig bedeutend geringeren Werten hält.

Die maximale Mikrobenzahl betrug (im Versuche Nr. 3) 720, die minimale (im Versuche Nr. 5) 60 Keime in 1 ccm. Im sonstigen hielt sich die Zahl der Mikroben in den wasserführenden Schichten zumeist bei 300—600 in 1 ccm.

Aus dem Angeführten ist zu ersehen, dafs in einem Terrain, dessen ideale Reinheit ohne Zweifel dasteht, die von dem Grundwasser durchflossenen Schichten, welche nach den gangbaren Ansichten keimfrei sein sollten, von einer ziemlich reichen bakteriellen Vegetation bevölkert sind.

Nunmehr schreiten wir zur Diskussion der Versuche, welche in dem der landwirtschaftlichen Kultur dienenden Terrain angestellt worden sind. In geologischer Beziehung handelt es sich gleichfalls um eine aus sandigen Diluvialablagerungen gebildete Formation; Lehmbestandteile kommen zwischen den Sandkörnern meistens nur sehr selten vor. Bei einzelnen Versuchen stiefs man gleich unter der Ackererde (etwa 30 cm unter der Oberfläche) auf Sand von solcher Reinheit, als wenn er sorgfältig gewaschen worden wäre. Eine gröfsere Beimengung lehmiger Bestandteile wurde z. B. in den Versuchen Nr. 11, 16 beobachtet; dieselbe betraf die Oberflächenschichten, die tiefer liegenden bestanden jedoch gleichfalls aus reinem Sand. Aus demselben bestanden auch die wasserführenden Schichten.

Da es sich um ein der landwirtschaftlichen Kultur dienendes Terrain handelt, so wird dasselbe in regelmäfsigen Intervallen gedüngt. Das Düngen wird durchschnittlich einmal in

3 Jahren, und zwar hauptsächlich mit Stalldünger vorgenommen. Die Menge des dazu verwendeten Düngers kann mit 200—300 g auf 1 ha geschätzt werden (d. h. auf 1 qm etwa 2—3 kg). Es ist vielleicht nicht überflüssig, zu bemerken, daſs der auf das Feld gebrachte Dünger gleichmäſsig verteilt wird, worauf man denselben so bald als möglich einackert.

Was die Resultate selbst betrifft, so ist vor allem klar, daſs die Menge der Mikroben in den oberhalb des Grundwassers befindlichen Bodenschichten dem Waldterrain gegenüber eine gewisse gröſsere Regelmäſsigkeit aufweist. Nach dem gröſsten Absinken der Mikrobenzahl, welche von der Oberfläche bis in die Tiefe 1—1,5—2 m beobachtet werden kann, konnten mit dem Vordringen in gröſsere Tiefe keine derartigen auffallenden Unregelmäſsigkeiten und Sprünge konstatiert werden, wie sie im Waldterrain vorgekommen sind.

Eine derartige lokale Vermehrung der Mikroben in den tieferen Schichten, bei welcher ein der Mikrobenzahl der Oberflächenschichten naher Wert wieder erreicht worden wäre, konnte überhaupt in keinem einzigen Falle konstatiert werden, obwohl zahlreiche Versuche nach dieser Richtung hin angestellt worden sind.

Trotzdem tritt eine gewisse Übereinstimmung zutage, indem nach der anfänglichen kolossalen Verminderung der Mikroben, welche sich von der Oberfläche in die Tiefe von 1—1,5—2 m einstellt, bei dem Vordringen in gröſsere Tiefen sich die Mikrobenzahl nicht nur nicht vermindern muſs, sondern ev. zu höheren, jedoch nicht auffallend abweichenden Werten sich aufschwingen kann.

Eine weitere wichtige, aus den einschlägigen Versuchen sich ergebende Schluſsfolgerung ist, daſs selbst in einem Terrain von solcher Reinheit, wie sie das Feldterrain aufweist, sowohl die oberhalb des Grundwassers befindlichen als auch die wasserführenden Schichten in Tiefen, welche den gangbaren Ansichten gemäſs als steril gelten, von einer ziemlich reichen Bakterienflora bevölkert erscheinen.

Des weiteren haben wir die Versuche in alluvialem Terrain zu besprechen. Zur Charakteristik der Bodenschichten mufs des besonderen hervorgehoben werden, dafs fast allüberall an der Oberfläche eine stark lehmhaltige Schichte ausgebildet ist, welche 1 m und mehr stark ist und unter welcher an lehmhaltigen Bestandteilen arme Sand- oder Schotterschichten folgen. Dieses Terrain wurde in den niederen Lagen zur Wiesenwirtschaft, in den höheren, welche vor der Überschwemmung seitens des Flusses mehr gesichert erscheinen, zu Getreide-, Rüben- und ähnlichen Kulturen benutzt.

Das Verhalten der Mikroben in den Schichten dieses Alluvialterrains zeigt im Vergleiche mit diluvialem, zu landwirtschaftlichen Kulturen benutztem Terrain nichts wesentlich Charakteristisches.

Die Verbreitung der Mikroben erweist sich in den beiden Fällen hinsichtlich der Hauptzüge ziemlich gleich, analog.

Die Hauptschlufsfolgerung, welche aus den im Alluvialterrain unternommenen Versuchen gezogen werden kann, ist wiederum die, dafs sowohl die Bodenschichten oberhalb des Grundwassers, als auch diejenigen, durch welche das Grundwasser strömt, in den Tiefen, welche nach den gangbaren Anschauungen als mikrobenfrei gelten, eine ziemlich reiche Bakterienvegetation besitzen.

Nunmehr gehen wir zur Besprechung einzelner Detailfragen über. Vor allem wird uns die Beobachtung beschäftigen, dafs in waldigem Terrain im Vergleiche zum Feldterrain die Verbreitung der Mikroben in den tieferen Bodenschichten bedeutende Unregelmäfsigkeiten, besonders jähe Sprünge in der Zahl, die in rapidem Aufstiege derselben beruhen, aufweist. Ich glaube für diese Erscheinung die richtige Erklärung gefunden zu haben.

Bei dem Austiefen des Schachtes, der zur Entnahme der zur bakteriologischen Untersuchung bestimmten Bodenproben dienen sollte, konnten in waldigem Terrain an den Wänden dunkel gefärbte Inseln, welche von der gelblich-weifsen Färbung der Sandschichte sehr auffallend abstachen, beobachtet werden.

In diesen dunkel gefärbten Inseln haftete in der Regel eine Wurzel oder feineres Wurzelwerk.

Ich mufs nun bemerken, dafs eben diese schwarzen Inseln es waren, wie mich zahlreiche vergleichende Versuche überzeugt haben, wo die Mikrobenzahl sich weit über diejenige der aufserhalb der Baumwurzeln liegenden Schichten erhob. So wurden z. B. in dem Versuche Nr. 6 in einer Tiefe von 3,5 m in 1 ccm 2100 an einer, 281680 an der zweiten Stelle, in einer Tiefe von 4 m 30520 Mikroben vorgefunden. Die Proben, welche 281680 und 30520 Keime enthielten, wurden einer derartigen schwarz gefärbten Stelle entnommen. In einer derselben haftete eine ziemlich dicke Wurzel, in der zweiten konnte eine schwarz gefärbte vermoderte Wurzel beobachtet werden. Ähnlich verhält es sich mit dem Versuche Nr. 1 resp. mit der bei demselben aus der Tiefe von 1,7 m mit 15120 Keimen in 1 ccm genommenen Probe, im Vergleich zu einer anderen Probe aus derselben Tiefe, welche 340 Keime enthielt; dasselbe gilt von den Versuchen Nr. 2, 3, 5.

Aus den angeführten Befunden kann entnommen werden, dafs der Boden in der Umgebung der Wurzeln den Sitz einer reichen bakteriellen Vegetation bildet.

Unwillkürlich taucht die Frage auf, ob diese bakterielle Vegetation (in welcher sich B. radicosus oft auffallend machte) nicht etwa in einem inneren Zusammenhange zu dem Wurzelwerk resp. zu dessen vitalen Erscheinungen steht.

Denn die Erscheinung, dafs die im Boden in der Umgebung der Wurzeln wuchernde mikrobielle Vegetation mit den letzteren in sehr bedeutende Tiefen dringt, wie dies der Versuch Nr. 6 beweist, ist gewifs bemerkenswert. (In einer Tiefe von 4 m wurden in der Umgebung von Wurzelwerk 30520 Keime in 1 ccm festgestellt.)

Im Hinblick darauf erschien es wichtig, nachzuforschen, ob das Wurzelwerk etwa auch im Wiesen- oder Ackerterrain auf die Verbreitung der bakteriellen Vegetation einen Einflufs ausübt. Die Beweisführung ist freilich nicht so leicht, wie in einem von Bäumen bestandenen Terrain, in welchem der abge-

sonderte Verlauf der einzelnen Wurzeln ein einfaches und sicheres experimentelles Vorgehen ermöglicht.

Um in diese Frage klareren Einblick zu erlangen, habe ich in einem von Pflanzenvegetation freiem Terrain Versuche angestellt. Als solches boten sich mir die Höfe zweier grofser Bauernwirtschaften (die in zwei verschiedenen Dörfern lagen).

Das Befahren mit Fuhrwerken, Begehen, die Verrichtung verschiedener landwirtschaftlicher Arbeiten hat bekanntlich zur Folge, dafs die Höfe der Wirtschaften bei nur etwas intensiverem Betriebe mit Ausnahme entlegenerer Winkel vegetationsfrei bleiben. In geologischer Beziehung gehörte das gewählte Versuchsterrain der diluvialen Landformation an. Die Resultate der hierher gehörigen Versuche waren die nachfolgenden:

Versuch Nr. 25.

Datum	Tiefe der Entnahme der Bodenprobe		Keimzahl in 1 ccm	Keimzahl in 0,1 ccm	Vorwiegend vorhandene Arten
	aufserhalb des Grundwassers	im Bereiche des Grundwassers			
	Oberfläche		24 707 680	2 470 768	B. fluorescens liquefaciens, B. centralis, B. subflavus B. radicosus.
	0,5 m		22 680 11 200	2 268 1 120	B. punctatus, B. radicosus, B. quatilis.
	1 m		440 500	44 50	B. punctatus, B. radicosus, B. terrestris albus.
	1,5 m		240	24	Schimmelpilze, B. aquatilis.

Versuch Nr. 26.

Datum	Tiefe (aufserhalb des Grundwassers)	Tiefe (im Bereiche des Grundwassers)	Keimzahl in 1 ccm	Keimzahl in 0,1 ccm	Vorwiegend vorhandene Arten
	Oberfläche		die Platten unbrauchbar		
	0,5 m		2 240	224	B. punctatus, B. aquatilis, B. centralis.
	1,0 m		1 680	168	

Vergleicht man die eben angeführten Versuche mit denjenigen, welche Feld- und Wiesenterrain sowohl der diluvialen als auch der alluvialen Formation betreffen, so bemerkt man sofort einen bestimmten, in die Augen springenden Unterschied.

Auf mit Pflanzenvegetation bewachsenem Feld- und Wiesenterrain beobachtet man in der Tiefe von 50 cm noch eine sehr hohe Mikrobenzahl, welche regelmäfsig den Wert von einigen Tausend Keimen in 0,1 ccm erreicht.

In einem von Pflanzenvegetation freien Terrain erreichte die Mikrobenzahl in derselben Tiefe in einem Falle den Wert von 1120, 2268, in einem anderen blofs 224. Die Unterschiede sind, sobald man auf die Daten, welche sich auf die Tiefe von 0,5 m beziehen, das Augenmerk richtet, ganz zweifellos auffallend.

Zur richtigen Würdigung der angeführten Beobachtungen mufs noch beigefügt werden, dafs in dem Feldterrain (in welchem die betreffeuden Versuche ausgeführt worden sind) die Tiefe von 0,5 m noch in den Bereich der schwarz gefärbten Humusbestandteile enthaltenden Bodenschichten fiel, deren Begrenzung resp. Übergang von der schwarzbraunen Farbe in die lichtgelbe sich an den Wänden der ausgetieften Grube ganz klar zeichnete.

Da in der Gegend, in welcher diese Versuche angestellt worden sind, überhaupt ziemlich seicht geackert wird, und da — wie ich mich orientiert habe — bis zu der Tiefe von 0,5 m überhaupt nicht geackert wird, so mufs die Gegenwart der Humusbestandteile in dieser Tiefe mit dem Wachstum und dem Absterben der Wurzeln der landwirtschaftlichen Pflanzen in direktem Zusammenhang gebracht werden.

Bezüglich des Eindringens der Pflanzenwurzeln in die angeführte Tiefe, habe ich mir die folgenden Angaben verschafft (Hellriegel, Grundlagen des Ackerbaues):

Weizen bei 400 cm Fläche	in	der	Tiefe	von	20 cm 820	Wurzeln,
	»	»	»	»	54 cm 200	»
Roggen » » » »	»	»	»	»	25 cm 600	»
	»	»	»	»	50 cm 376	»

Das zitierte Buch enthält noch weitere ähnliche Angaben, die sämtlich den Beweis liefern, dafs bei den Zerealien die Tiefe von 50 cm den Sitz einer grofsen Anzahl von Wurzeln bildet.

Da nun bei den Waldbäumen um die Wurzeln herum eine üppige Mikrobenvegetation mit Sicherheit bewiesen worden ist,

da weiterhin festgestellt wurde, dafs sich in einem von der Pflanzenvegetation freien Terrain in 50 cm Tiefe weit weniger Mikroben befinden, als in Feld- oder Wiesenterrain, so kann mit aller Wahrscheinlichkeit nahezu mit Sicherheit geschlossen werden, dafs auch im Feld- und Wiesenterrain das Pflanzenwurzelwerk auf den Charakter der bakteriellen Vegetation sowie auf das Eindringen derselben in tiefe Schichten, in wesentlicher Weise beteiligt ist.

Die Tiefe bis zu welcher Zerealienwurzeln vordringen, ist sehr bedeutend. Nach Schubarth-Valentin konnte das Eindringen von Weizenwurzeln in tonigsandigem Boden bis zur Tiefe von 2,3 m, in festerem Boden bis zur Tiefe von 2,0 m beobachtet werden.

Die in die tieferen Schichten vordringenden Wurzeln der Zerealien sind freilich von sehr bedeutender Feinheit.

Bei gleichmäfsiger Bepflanzung mit derselben Fruchtart und bei sonst gleichem Charakter der Bodenschichten kann mit Recht vorausgesetzt werden, dafs in einer bestimmten Tiefe eine gewisse Gleichmäfsigkeit in der Verteilung der Wurzeln vorwalten wird.

Die letztangeführten Umstände genügen, wie ich glaube, zur Erklärung, warum das Wurzelwerk der Bäume im Walde Unregelmäfsigkeiten in der Anordnung der Mikroben in den tieferen Schichten hervorruft, während im Felde eine solche Wirkung nicht beobachtet wird, so dafs die tieferen Schichten derselben (diluvialen) geologischen Formation eine weit gleichmäfsigere Verbreitung der Mikroorganismenvegetation darbieten, als wir sie im Waldterrain finden.

Es mufs wohl nicht hervorgehoben werden, dafs — obwohl im Sinne der vorangehenden Deduktionen das Wurzelwerk der Bäume und Pflanzen als ein wichtiger Faktor bei der Ausbildung der Bakterienvegetation der tieferen Bodenschichten angesehen werden mufs — dadurch keineswegs besagt wird, dafs damit der an diesem Vorgange beteiligte Erscheinungenkomplex erschöpft ist, sondern dafs im Gegenteile der angeführte Faktor nur für eine der vielen Komponenten gehalten werden mufs,

deren Zusammenwirkung die Verbreitung der Mikroben innerhalb der Bodenschichten beeinflufst.

Nunmehr gelangen wir dazu, uns mit der Frage der Mikroben in den vom Grundwasser durchflossenen Bodenschichten des Genaueren zu beschäftigen. Dies ist aus dem Grunde notwendig, dafs die oben angeführten Befunde nicht nur zu den als allgemein gültig anerkannten Ansichten im Widerspruche stehen, sondern auch weil durch dieselben der Hauptstütze der bisherigen Trinkwasserbeurteilung, bei welcher nach den obigen Darlegungen durch die Forderung der Sterilität der wasserführenden Schichten der notwendige Schutz vor den pathogenen Mikroben gesichert werden sollte, der Boden entzogen wird.

Die Klärung des Widerspruches zwischen meinen Befunden und den als gültig anerkannten Ansichten, welche vor allem notwendig erschien, begegnete jedoch den gröfsten Hindernissen.

Denn einerseits traten meine eigenen Erfahrungen, dafs in waldigem Terrain von einer solch idealen Reinheit, in welchem meine Versuche ausgeführt worden sind, die wasserführenden Schichten nicht nur nicht steril waren, sondern sogar eine reiche Mikrobenvegetation bargen, vor mich hin; anderseits standen da die unerschütterlichen Versuche C. Fraenkels[1]) und anderer Autoren, in deren Sinne bei Eintreiben eines Röhrenbrunnens an einer nur etwas günstigen Stelle und Sterilisierung desselben mikrobenfreies Wasser gewonnen werden kann, welche an der Richtigkeit und Akkuratesse der einschlägigen Angaben nicht den geringsten Zweifel zulassen.

Aufserdem waren auch meine eigenen Untersuchungen von Röhrenbrunnen und die auf dem Gebiete der Wasserversorgung gesammelten Erfahrungen nur geeignet, meine Überzeugung von der Richtigkeit der Angaben von Fraenkel zu bekräftigen.

Als ich jedoch, durch solche Zweifel angespornt, den Vorgang wieder und wieder methodisch erwogen habe, ohne einen Fehler aufdecken zu können, und als auch die erhöhte Vorsicht, mit welcher die Sterilisation aller notwendigen Instrumente durch-

1) a. a. O.

geführt wurde, keinen Zweifel zuliefs, befestigte sich allmählich je länger desto mehr die Ansicht, dafs auch bei meinen Versuchen ein methodischer Fehler ausgeschlossen ist. Ein sonderbarer Zufall wollte es, dafs in den ersten Versuchen die Mikrobenzahl, obwohl sie bereits deutlich von den gangbaren Ansichten (Nr. 7 und Nr. 8), von dem als gültig angesehenen Typus abwich, trotzdem noch verhältnismäfsig ziemlich niedrig befunden wurde. In den späteren Versuchen jedoch, in welchen alle experimentellen Eingriffe mit erhöhter Vorsicht (bei dem auftauchenden Verdachte auf einen Fehler) vorgenommen wurden, erhielt ich allmählich noch höhere Mikrobenzahlen aus den wasserführenden Schichten, als in den früheren Versuchen.

Sollte ich bei diesem Stande der Dinge die Resultate meiner Versuche für eine Ausnahme von dem allgemeinen Gesetze halten?

Bei dem Umfange der Versuche sowohl bezüglich der Zahl derselben, als auch bezüglich der Terrainfläche (die Diagonalen des betreffenden Flächentrapezes, in welchem die Versuche ausgeführt wurden, mafsen etwa 30 und 20 km konnte jedoch an eine derartige Schlufsfolgerung nicht gedacht werden.

Unter solchen Verhältnissen führte die Logik der präzisen Aneinanderreihung der oben angeführten Tatsachen schliefslich zu der notwendigen und einzig möglichen Schlufsfolgerung, dafs zwar die Beobachtungen von C. Fraenkel, in deren Sinne man mit Hilfe eines vorher in gehöriger Weise sterilisierten Röhrenbrunnens mikrobenfreies Grundwasser gewinnen kann, für richtig gehalten werden müssen, dafs dies jedoch nicht von dem daraus allgemein gezogenen Schlusse gilt, dafs nämlich auch die wasserführenden Schichten samt dem in denselben enthaltenen Grundwasser steril sein müssen.

Es mufs wohl nicht bemerkt werden, dafs mir die Bildung dieser Schlufsfolgerung nicht so leicht geworden ist, als hier scheinen würde. Zu dieser Schlufsfolgerung wurde ich freilich durch die logische Notwendigkeit gedrängt; ich habe jedoch im Beginne dieser Logik widersprochen, allerhand Zweifel traten in mir auf. Als ich jedoch immer und immer wieder die Methodik meiner Bodenuntersuchungen revidiert habe, und auf solche Weise

desto mehr in der Präzision derselben befestigt wurde, reifte auch die obzitierte Schlufsfolgerung, trotzdem sie paradox klang, zu einem festen, unerschütterlichen Gedanken in mir.

Zur Klärung der Frage, welche sich trotz der ursprünglichen Einfachheit bei der Detailuntersuchung auf einmal so kompliziert erwies, erschien es vor allem notwendig, das Experimentum crucis durchzuführen, d. h. in einem Terrain, dessen Schichten bakteriologisch durchforscht worden sind zu gleicher Zeit einen Pumpversuch zur Ausführung zu bringen, bei welchem der Brunnen in geeigneter Weise sterilisiert worden wäre.

Dieses Experimentum crucis wurde mir insofern erleichtert, als in dem Gebiete, in welchem ich meine Bodenversuche anstellte, vorher an einer Stelle zum Zwecke der Feststellung der Ergiebigkeit und Qualität durch die Böhmische Sparkassa ein grofser (ca. mit 50 Sekundenliter) Pumpversuch[1]) ausgeführt worden ist, bei welchem die Sammelvorrichtungen sterilisiert worden waren. Die bakteriologische Untersuchung, welche von den Professoren Hueppe und Illava[2]) ausgeführt worden ist, brachte das Resultat, dafs bei dem solchermafsen arrangierten Versuche die entnommenen Proben steril befunden wurden.

Unter solchen Verhältnissen erschien es also nur notwendig, um das oben angedeutete Experimentum crucis zu vervollständigen, an den Stellen, an welchen der angeführte Pumpversuch ausgeführt worden ist, die bakteriologische Untersuchung der Bodenschichten zu unternehmen.

Zu diesem Zwecke wurde vor allem der Bodenversuch in naher Nachbarschaft des Sammelbrunnens ausgeführt. Sodann wurden noch zwei Bodenversuche angestellt und zwar an Stellen, welche mit der ersten einen rechten Winkel bildeten und gleichzeitig an der Peripherie der in diesem Versuche erreichten Depression lagen.

---

1) Die geschöpfte Wassermenge betrug in diesem Versuche ca. 50 Sek.-l (im Maximum 73, im Maximum 40 Sek.-l.

2) Die betreffenden Angaben sind dem gedruckten Protokolle der Sitzung der Qualitätskommission entnommen, welche von der Böhm. Sparkasse zum Zwecke einer Trinkwasserversorgung Prags einberufen wurde (St. 37).

Die Resultate der angeführten Versuche sind in der nachfolgenden Tabelle enthalten:

Versuch a.

Datum	Tiefe der Entnahme der Bodenprobe		Keimzahl in 1 ccm	Keimzahl in 0,1 ccm	Vorwiegend vorhandene Arten
	außerhalb des Grundwassers	im Bereiche des Grundwassers			
18. Mai 1902	Oberfläche		690 640	69 064	Schimmelpilze, B. terrestris albus, B. radicosus.
	0,5 m		56 280	5 628	B. radicosus, B. terrestris albus, B. punctatus, Schimmelpilze.
	1,10 m		6 360	636	B. radicosus, Schimmelpilze, B. terrestris albus.
		2,2 m	a) 540 b) 600	a) 54 b) 60	B. terrestris albus, B. radicosus.

Versuch b.

Datum	außerhalb des Grundwassers	im Bereiche des Grundwassers	Keimzahl in 1 ccm	Keimzahl in 0,1 ccm	Vorwiegend vorhandene Arten
14. Juni 1902	Oberfläche		2 879 520	287 952	B. radicosus, Schimmelpilze, B. centralis, B. terrestris albus.
	1,3 m		440	44	B. azureus. Schimmelpilze, B. bruneus.
	1,3 m		8 120	812	B. terrestris albus.
	1,5 m		640	64	
	1,9 m		680	68	B. fluorescens liquefaciens, B. punctatus, B. terrestris albus, B. azureus.
		3,2 m	a) 2 220 b) 4 770	a) 222 b) 477	B. terrestris albus, B. punctatus, B. azureus, B. sulcatus.

Versuch c.

Datum	außerhalb des Grundwassers	im Bereiche des Grundwassers	Keimzahl in 1 ccm	Keimzahl in 0,1 ccm	Vorwiegend vorhandene Arten
7. Juni 1902	Oberfläche		693 840	69 384	B. radicosus, B. centralis, Schimmelpilze.
	0,5 m		31 360	3 136	Schimmelpilze, B. radicosus.
	1,43 m		380	38	Schimmelpilze, B. punctatus, B. terrestris albus.
	1,43 m		33 040	3 304	B. punctatus, B. radicosus, B. centralis.
	1,53 m		960	96	B. punctatus, B. radicosus, B. terrestris albus.
		2,55 m	7620	762	B. brunneus, B. terrestris albus, B. azureus.

Aus den eben mitgeteilten Tabellen geht hervor, dafs die wasserführenden Schichten des Terrains, in welchen der betreffende Versuch zur Ausführung gelangt ist, eine reichliche Bakterienflora besitzen. Es sei gleichzeitig erwähnt, dafs ich die Untersuchung des Bodens nahe dem Mittelpunkte und an einer Stelle der Peripherie der Depression im Frühjahre 1903 wiederholt habe und dabei zu analogen Resultaten gelangt bin wie früher.

Aus diesen Bodenversuchen und aus der bakteriologischen während des Pumpversuches unternommenen Analyse geht somit hervor jene paradox klingende Schlufsfolgerung, dafs die nichtsterilen und eine ziemlich reiche bakterielle Vegetation bergenden wasserführenden Schichten steriles Wasser zu liefern vermögen.

Unter diesen Umständen erscheint es unumgänglich, neue Versuche auszuführen, durch welche diese verwickelte Frage in gehöriges Licht gebracht werden und das Paradoxe der oben zitierten Schlufsfolgerung klargestellt werden würde.

Zur Klarstellung dieser Schlufsfolgerung erschien es geeignet, in dem von mir studierten Terrain, von welchem ich den Beweis geliefert habe, dafs dessen wasserführende Schichten eine zahlreiche Bakterienflora beherbergen, einen Pumpversuch auszuführen, bei welchem man die Sterilisation des Röhrenbrunnens weglassen würde. Derartige Versuche habe ich nun tatsächlich ausgeführt. Bezüglich der Einzelheiten sei das Folgende angeführt:

In das bis zur undurchlässigen Schicht reichende Bohrloch, das mit einer Mantelröhre versehen war, wurde ein mit der Pumpe verbundener Schlauch herabgelassen. Von dem abgepumpten Wasser wurden in regelmäfsigen Intervallen Proben zur bakteriologischen Untersuchung genommen. Das Abpumpen wurde möglichst bei derselben Intensität gehalten und wurden etwa 4 sek/l Wasser entnommen. Die Platten wurden an der Versuchsstelle gegossen. Das Resultat des solchermafsen ausgeführten Versuches ist in der folgenden Tabelle dargestellt:

Versuch vom 10. Juni 1904.		Versuch vom 26. Mai 1904.	
Die Zeit der Probeentnahme	Keimzahl in 1 ccm	Die Zeit der Probeentnahme	Keimzahl in 1 ccm
9 Uhr 45 Min.	5640	9 Uhr 15 Min.	8240
10 » — »	170	9 » 30 »	880
10 » 15 »	140	9 » 45 »	850
10 » 31 »	73	10 » — »	210
10 » 45 »	40	10 » 15 »	180
11 » — »	20	10 » 45 »	180
11 » 30 »	32	11 » 15 »	130
12 » 5 »	24	11 » 45 »	125
12 » 30 »	20	12 » 15 »	112
1 » — »	14	12 » 45 »	96
1 » 30 »	36	1 » 15 »	83
2 » 5 »	20	1 » 45 »	96
2 » 25 »	27	2 » 15 »	63
3 » 15 »	15	2 » 45 »	67
3 » 45 »	22	3 » 15 »	68
4 » 15 »	28	4 » 15 »	68
4 » 45 »	16	5 » 15 »	66
5 » 15 »	15		

Die beigegebenen Tafeln VIII und IX enthalten die graphische Darstellung der angeführten Resultate.

Aus diesem Versuche geht vor allem hervor, dafs es in einem Terrain, dessen wasserführende Schichten, wie durch bakteriologische Bodenuntersuchungen nachgewiesen wurde, eine ziemlich reiche Bakterienvegetation beherbergen, möglich war, mit Hilfe eines unsterilisierten Röhrenbrunnens bei mehrstündigem Abpumpen ein Wasser zu gewinnen, dessen Mikrobengehalt sich der Sterilitätsgrenze nahe hielt.

Zur Klarlegung und Verständnis der hervorgehobenen Erscheinung erscheint es notwendig, der Kurve, welche die Zahl der mit dem Wasser im Laufe des Pumpversuches abgehenden Mikroben darstellt, Beachtung zu schenken. Beim Studium dieser Kurve bemerkt man, dafs sie deutlich aus zwei Teilen besteht. In der ersten Viertelstunde (Versuch vom 10. Juli 1904) sinkt die Mikrobenzahl im Kubikzentimeter von 5600 auf 170. In diesem Intervalle fällt die Kurve jäh herab (in dem Mafsstabe der Zeichnung

erscheint sie fast mit der Ordinatenachse parallel). In der darauffolgenden Zeit ist das Gefälle der Kurve mäfsig, was bis 11 Uhr anhält; von da ab hält sich dieselbe unter Einhaltung eines mäfsig welligen Verlaufes in einer konstanten Entfernung von der Abszissenachse. Es ist klar, dafs diesen so verschieden sich verhaltenden Kurventeilen bestimmte innere Ursachen entsprechen müssen. Dieselben sind unschwer aufzudecken.

Man braucht sich blofs ins Gedächtnis zu rufen, dafs die Bohrung der Öffnung unumgänglich das Hineinbringen von Bestandteilen der Bodenoberfläche, die an Mikroben ungemein reich ist, in die tieferen Teile derselben und natürlich auch in die im Röhrenbrunnen befindliche Wassersäule nach sich zieht. Das im Beginne des Pumpversuches abfliefsende Wasser hat in dieser Wassersäule, welche durch Oberflächenbestandteile und die an denselben haftenden Keime verunreinigt ist, ihren Ursprung und beherbergt daher eine Unzahl von Mikroben. Mit dem fortschreitenden Abpumpen kommt es durch das aus den um den Brunnen gelegenen wasserführenden Schichten hinzutretende Wasser zur Verdünnung, so dafs nach einiger Zeit selbst die letzten Reste des von den oberflächlichen Körperteilchen verunreinigten Wassers entfernt werden. In dieser Anfangszeit weist das Wasser einen grofsen Grad von Trübung auf, zum Beweise der Gegenwart von lehmigen den Oberflächenschichten entstammenden Bestandteilen in demselben. Denn die wasserführenden Schichten des Versuchsterrains bestehen, wie bereits oben konstatiert wurde, aus Sand und Gerölle, in denen es an lehmigen Beimengungen entweder gänzlich gebricht oder aber dieselben nur in geringen Quantitäten vorhanden sind.

Der Zeit, in welcher das Abpumpen des durch die Oberflächenbestandteile verunreinigten Wassers vor sich geht, entspricht der jähe, rapide Abfall der Kurve.[1])

---

1) Es mufs bemerkt werden, dafs dieser Abfall sich nicht immer für eine nur so kurze Zeit manifestieren, und dafs auch der Verlauf der Kurve nicht so regelmäfsig sein mufs, wie in den angeführten Versuchen; dies werde ich an einer anderen Stelle besprechen.

In der Zeit, in welcher das Wasser der wasserführenden Schichten, dessen Qualität durch Oberflächeneinwirkungen nicht verändert ist, an die Reihe kommt, gelangt der Kurventeil zur Geltung, welcher im Beginne einen mäfsigen Abfall zeigt und schliefslich fast parallel mit der Abszissenachse verläuft.

Man mufs sich nun gleichzeitig vergegenwärtigen, was mit dem Niveau des Grundwassers in der Umgebung des Röhrenbrunnens geschieht. Daselbst bildet sich die Depressionskurve aus, die schliefslich, sobald der Beharrungszustand erreicht worden ist, eine dauernde Form annimmt. Die Bildung der Depressionskurve steht in enger Beziehung zur Bildung neuer Geschwindigkeitsverhältnisse in den wasserführenden Schichten der Brunnenumgebung.

Die Geschwindigkeit des Wassers, die in der Umgebung des Röhrenbrunnens (vorausgesetzt, dafs in derselben dieselben Durchlässigkeits- und Gefälle-Verhältnisse vorwalten) für gleichmäfsig gehalten werden kann, beginnt sich zu verändern.

Die Veränderung besteht darin, dafs die Geschwindigkeit des in den Brunnen fliefsenden Wassers im Bereiche der Depression gröfser wird. Die gröfste Geschwindigkeitserhöhung macht sich im Zentrum der Depression geltend; mit Annäherung an die Peripherie wird der Geschwindigkeitszuwachs stets kleiner.

Infolge der vergröfserten Geschwindigkeit werden feinere, in den wasserführenden Schichten enthaltene Teilchen von dem Wasserstrome fortgerissen und davongetragen. Dafs es sich so verhält, davon kann man sich überzeugen, wenn man das um diese Zeit abgepumpte Wasser in einem grofsen 3—4 l fassenden Glasgefäfse beobachtet. Bei Anwendung dieses Hilfsmittels kann im Wasser eine deutliche, durch feinste im Wasser suspendierte Teilchen bedingte Trübung beobachtet werden.

Es ist jedoch weiterhin klar, dafs die Stabilisierung der Geschwindigkeiten, welche zustande kommt, wenn die Depression in der Umgebung des Brunnens in den Beharrungszustand gelangt, schliefslich zum Wegschwemmen aller in den wasserführenden Schichten enthaltenen feinen Teilchen führen mufs, welche — da sie bei der erhöhten Geschwindigkeit ihren Platz

nicht zu behaupten vermögen — vom Wasserstrome fortgerissen werden.

In diesem Sinne mufs sodann erwartet werden, dafs die bei der Füllung gröfserer Gefäfse mit dem Wasser deutlich sichtbare Trübung, je länger desto mehr verschwinden und das Wasser allmählich an Glanz gewinnen wird, was auch tatsächlich der Fall ist.

Wenn infolge der erhöhten Filtriergeschwindigkeit die feinen Erdbestandteile aus den wasserführenden Schichten herausgeschwemmt werden, so kann mit vollem Rechte dasselbe auch von den Mikroben angenommen werden.

Zumindest wird dies von den innerhalb der Erdbestandteile befindlichen oder mit der Oberfläche derselben inniger verknüpften Mikroben Geltung haben.

In späterer Zeit, nachdem die Depression in den Beharrungszustand gelangt ist, werden auch die Bedingungen der Ansiedlung der Mikroben im Depressionsbezirke stabil, und es kommt zu einer derartigen Vermehrung derselben, welche den geltenden Verhältnissen entspricht. Die Annäherung an diese Verhältnisse wird durch den zweiten, ein geringes Gefälle aufweisenden Teil der Kurve ausgedrückt.

Das interessanteste Phänomen, das man aus diesem zweiten Teile der Kurve herauszulesen vermag, ist, dafs mit der Annäherung an den Beharrungszustand und der dadurch bedingten Änderung in der bisherigen Ansiedlung der Mikroben in den Bodenschichten des Depressionsbezirkes, die Anzahl derselben in dem aus den wasserführenden Schichten abgepumpten Wasser nicht nur weit geringer erscheint als diejenige der (von Menschenhand noch unberührten) wasserführenden Schichten desselben Terrains, sondern dafs sie sogar im Laufe von einigen Stunden zu minimalen, der Sterilität nahen Werten herabsinken kann.

Die Mikroben, welche zur Zeit des Beharrungszustandes der Depression abgehen, können gewissermafsen für dasjenige Plus gehalten werden, das bei der Stabilisierung der Depression infolge der Vermehrung der Mikroben im Bezirke der Brunneneinwirkung zur Geltung kommt, und das durch das abgepumpte Wasser weg-

geschwemmt wird. Besehen wir die Dinge unter diesem Gesichtswinkel, dafs es sich nämlich bei dem Beharrungszustande der Depression um einen durch Vermehrung entstandenen Überschufs der Mikroben handelt, so erklärt sich die Erscheinung, dafs das abgepumpte Wasser weniger Mikroben enthält als die Bodenschichten ungezwungen von selbst.

Nunmehr schreiten wir an die Behandlung der Frage, wie die Erscheinung zu erklären wäre, dafs man aus einem Terrain, dessen wasserführende Schichten von mikrobieller Vegetation bevölkert sind, durch Anwendung der Sterilisation mikrobenfreies, steriles Wasser zu erhalten vermag.

Diesbezüglich müssen wir unser Augenmerk vor allem auf das Nachstehende richten. Durch Einwirkung von Desinfektionsmitteln, sei es von Hitze oder seien es chemische Verbindungen, kommt es in der Umgebung z. B. eines Röhrenbrunnens — welche vorzüglich zu derartigen Sterilisierungsversuchen gebraucht wurden — bis in gewisse Entfernung hin zur Vernichtung aller daselbst wohnhaften Mikroben. Solchermafsen ist der Brunnen von einem sterilen porösen Körper umgeben, welcher die Gestalt eines hohlen Zylinders besitzt. Um diesen Zylinder herum mufs ein zweiter Zylinder vorausgesetzt werden, in welchem die desinfizierende Wirkung nicht so eindringlich war wie in dem mittleren, so dafs in diesem äufseren Zylinder die Zahl der vernichteten Mikroben mit dem Fortschreiten zur Peripherie kleiner wird, bis sie in den von der Einwirkung des Desinfektionsmittels unberührten Mikrobengehalt übergeht.

Bedenkt man nun, dafs in den Versuchen ohne Sterilisation des Röhrenbrunnens die Mikrobenmenge im abgepumpten Wasser zu unbedeutenden Werten, welche der Sterilität nahe sind, herabgesunken ist, bedenkt man weiterhin, dafs infolge der Sterilisation der Röhrenbrunnen von einem Bodenzylinder umgeben ist, dessen innerer Teil überhaupt frei von Mikroben und dessen äufserer Teil nur arm an denselben ist, so gelangt man ungezwungen zu dem Schlusse, dafs — da der Einwirkungsbezirk des Brunnens überhaupt mikrobenärmer geworden ist — die Mikrobenzahl in

dem abgepumpten Wasser noch geringer sein mufs als bei Vernachlässigung der Sterilisation.

Bezugnehmend auf die Erscheinung der absoluten Abwesenheit von Mikroben im Wasser des vorher sterilisierten Röhrenbrunnens, mufs man die nachfolgenden Momente im Auge behalten. Vor allem werden von der Sterilisation diejenigen Schichten der Brunnenumgebung betroffen, in welchen sich bei dem Abpumpen die Wassergeschwindigkeit am meisten erhöht. Aus diesen Schichten, in welchen die erhöhte Geschwindigkeit des Wassers und das mit derselben verbundene Ausschwemmen der durch Vermehrung entstehenden Mikroben geeignet ist, die Mikrobenzahl im abgepumpten Wasser zu beeinflussen, kann infolge der Sterilität derselben freilich nichts in das abgepumpte Wasser übergehen.

Was die weiteren Schichten betrifft, in welchen es zu einem durchschlagenden Sterilisationseffekte nicht gekommen ist und in welchen gleichzeitig auch die Geschwindigkeit des Wassers mit der Annäherung an die Peripherie sich immer mehr den normalen Verhältnissen nähert, so mufs angenommen werden, dafs die Mikroben bei Abwesenheit des Einflusses einer intensiveren Strömung und infolge eines Zusammenhanges mit den Bodenkörnern als Nährsubstraten entweder überhaupt an Ort und Stelle bleiben oder mit einer verhältnismäfsig sehr geringen der Bewegung der letzteren entsprechenden Geschwindigkeit zu den Nachbarorten gelangen.

Bei Berücksichtigung dieser Momente gelangt man ungezwungen zur Deutung der Tatsache, dafs nach durchgeführter Sterilisation des Röhrenbrunnens mikrobenfreies Wasser gewonnen werden kann, obwohl sich die Wirksamkeit des Brunnens auf wasserführende Schichten erstreckt, welche mit bakterieller Vegetation begabt sind.

Aufserdem scheint mir auch die Möglichkeit nicht ganz ausgeschlossen zu sein, dafs vielleicht infolge gewisser chemischer Veränderungen in den der Sterilisation ausgesetzt gewesenen Schichten, welche auch nach Beendigung der Sterilisation fort-

dauern könnte, auch die Eigenschaften der diesbezüglichen Schichten als Nährsubstrate eine Änderung erfahren könnten.

Nachdem ich den Beweis geliefert habe, dafs die auf der ersten undurchlässigen Schicht befindlichen Grundwässer von mikrobieller Vegetation bevölkert sind, glaube ich demselben einige Worte von allgemeinem Charakter beifügen zu dürfen.

Eine der wichtigsten Eigenschaften aller Organismen überhaupt bildet die Fähigkeit, sich durch angemessene Anpassung gewisser physiologischer Funktionen an veränderliche äufsere Verhältnisse zu akkommodieren. Diese Fähigkeit besitzen, wie zahlreiche neuere Beobachtungen beweisen, in hohem Mafse auch die Mikroben.

Kann man, bei Berücksichtigung der grofsen Akkommodationsfähigkeit der Mikroben, annehmen, dafs die Bodenschichten in 2—4 m Tiefe bereits derartig ungünstig beschaffen sind, wie man bislang angenommen hat, dafs die Akkomodationsfähigkeit sich in denselben nicht mehr geltend machen könnte?

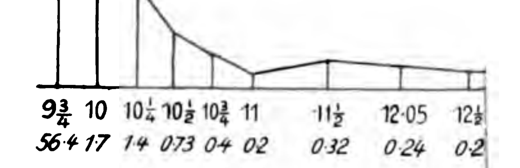
Kann eine solche Annahme als berechtigt erscheinen, wenn wir bedenken, dafs es Mikroben gibt, welche den normalen Verlauf ihrer physiologischen Funktionen Temperaturverhältnissen anzupassen vermochten, bei welchen das Protoplasma anderer Organismen bereits gerinnt und andere, welche die vollständigste Abwesenheit von Sauerstoff vertragen, oder schliefslich, welchen die minimalsten, auf chemischem Wege nicht nachweisbaren Quantitäten von Nährstoffen zur Wucherung und Vermehrung genügen. Auch die spezifischen Eigenschaften der pathogenen Mikroben, auf Grund welcher dieselben innerhalb anderer Organismen, besonders im menschlichen Körper, zu wachsen und sich zu vermehren vermögen, müssen sicherlich als Eigenschaften aufgefafst werden, welche sich bei ursprünglich saprophytischen Mikroben durch Akkommodation entwickelt haben!

Indem wir diese allgemeinen Erkenntnisse im Auge behalten, müssen wir da nicht eher a priori zu der Schlufsfolgerung gelangen, dafs — wie unter anderen Umständen auch hier die Akkommodationsfähigkeit der Mikroben den Faktor darstellt, welcher das Eindringen der Mikroben in die tieferen Bodenschichten

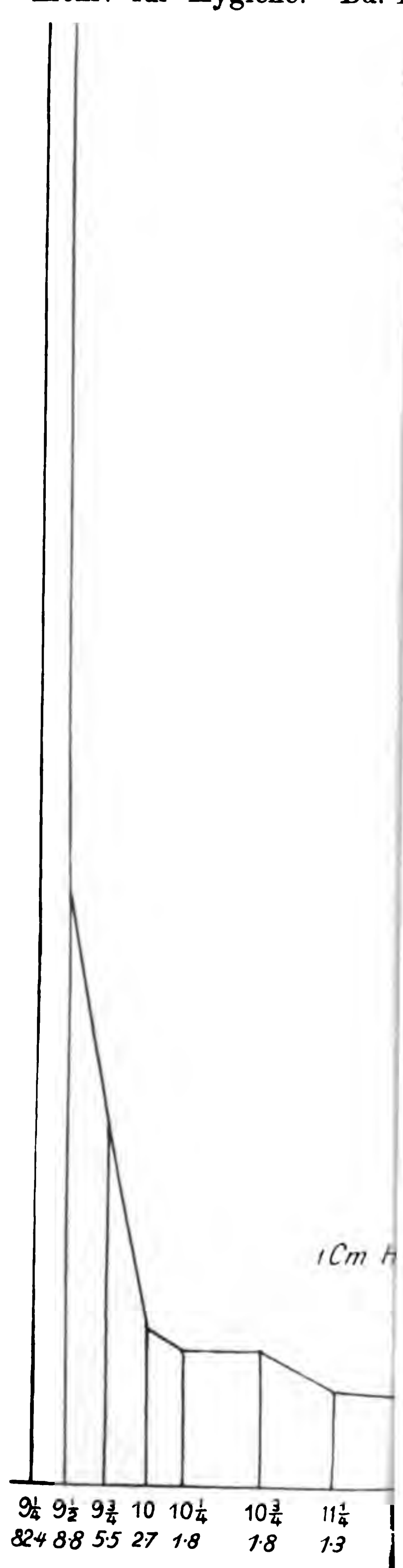
und besonders in das auf der undurchlässigen Schicht fliefsende Grundwasser ermöglicht?

Man sieht also, dafs auch Erwägungen von allgemeinem Charakter in keinem Widerspruche zu der oben abgeleiteten Ansicht stehen, sondern dafs sie im Gegenteile geeignet sind, die Schlufsfolgerungen, zu welchen ich auf dem Wege des exakten experimentellen Studiums gelangt bin, in hohem Mafse zu stützen.

Nachdem ich solchermafsen in allseitiger Weise den Beweis geliefert habe, dafs das auf der ersten undurchlässigen Schicht fliefsende Wasser den Sitz einer bakteriellen Vegetation bildet, werde ich in dem nachfolgenden Teile die Konsequenzen, welche sich aus dieser Erkenntnis für die Untersuchung und Beurteilung der Trinkwässer ergeben, zur Besprechung bringen.



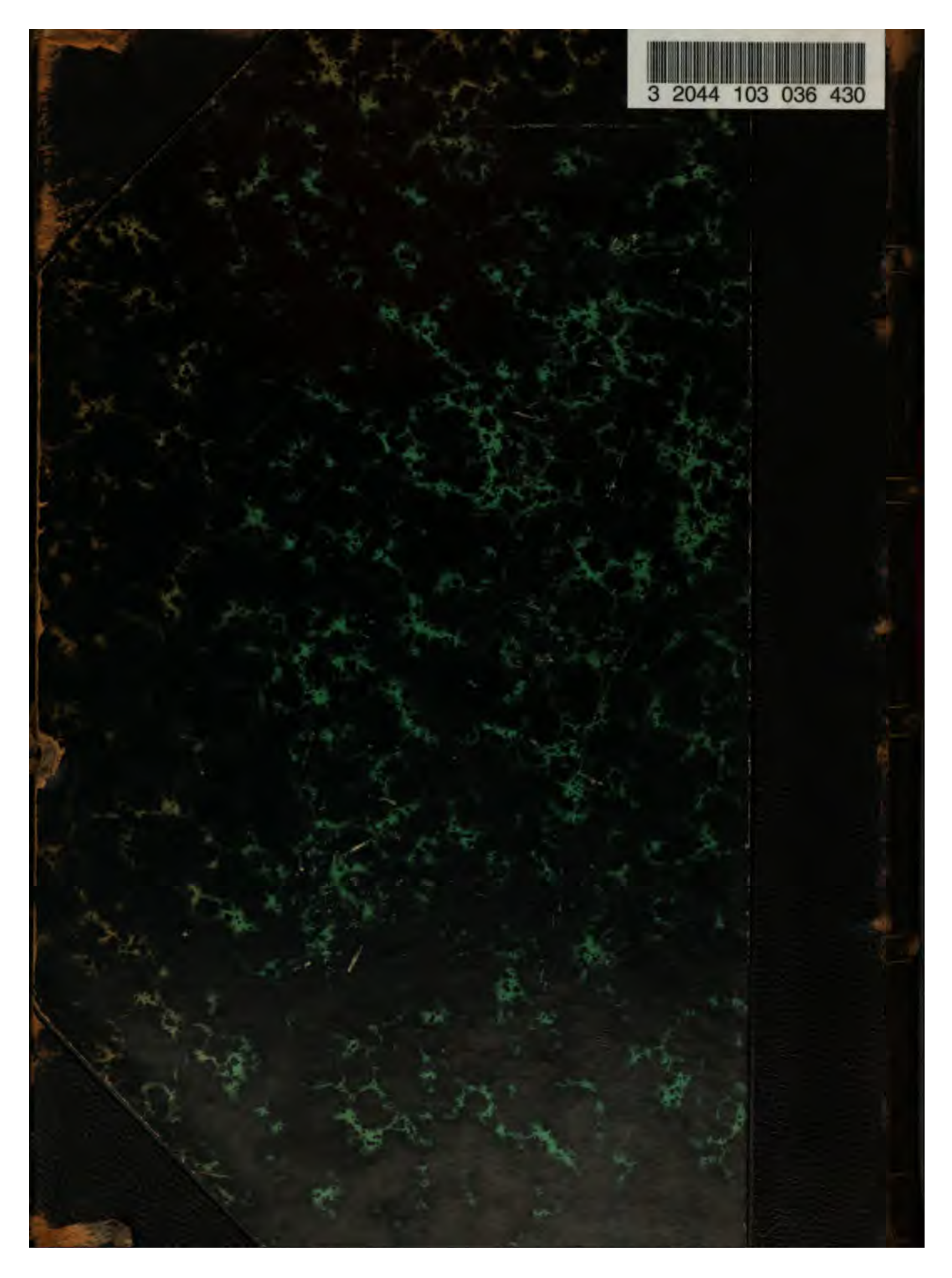
Druck und Verlag von R. Oldenbourg, München u.



Druck und Verlag von R. Oldenbourg, Mün






3 2044 103 036 430